This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

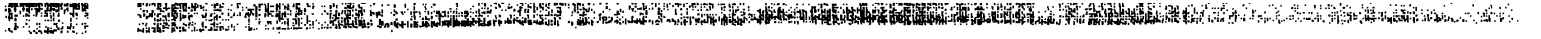
Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

STANFORD
LIBRARIES

Strasburger, Eduard.
Uerer [i.e. Ueber] Zellbildung und Zelltheilung.

STANFORD UNIVERSITY
LIBRARY



Gilbert M. Smi.
June '10

UEBER

ZELLBILDUNG

UND

ZELLTHEILUNG

VON

Dr. EDUARD STRASBURGER
PROFESSOR AN DER UNIVERSITAET JENA.

MIT VII TAFELN.

JENA
HERMANN DABIS
(OTTO DEISTUNGS BUCHHANDLUNG)
1875.

W.

581.8
S89z

Vorwort.

Während der Arbeit an diesem Buche sind nicht wenig Abhandlungen über die Zelle erschienen, sie beweisen, mit welch erneutem Interesse man sich dem Studium derselben zuwendet.

Den Ausgangspunkt meiner eigenen Untersuchungen bildeten einzelne Beobachtungen über freie Zellbildung und über Zelltheilung, welche in höherer Einheit vereinigen zu können, es mir bald Bedürfniss wurde. So wuchs meine Arbeit zu einer vergleichenden Untersuchung an, die sich allmälig über das ganze organische Reich erstreckte. Dadurch gewann sie auch einen phylogenetischen Hintergrund, der den erhaltenen Resultaten eine objectivere Grundlage gab.

Der Umfang des Gegenstandes brachte es andererseits mit sich, dass ich ihn nicht erschöpfen konnte. Meine Beobachtungen erstrecken sich in ausgedehnterem Maasse über das Pflanzenreich; aus dem Thierreiche stehen mir nur einige, aus dem Protistenreiche nur ganz wenige Erfahrungen zu Gebote. Daher wird auch die Behandlung des Stoffes nicht überall gleichmässig sein, manche Fragen wird man in diesem Buche nur angeregt, doch manche, wie ich hoffe, auch gelöst finden.

Ich lasse die ganze Darstellung so folgen, wie sie sich mir selbst in der Aufgabe entwickelt hat, gleichsam in ihrem historischen Werden. Zur raschen Orientirung über den Inhalt liesse es sich aber vielleicht empfehlen, das Buch mit dem allgemeinen Theile zu beginnen und dann erst nach Neigung und Interesse — wie denn das Buch nicht für Botaniker allein bestimmt ist — in dem speciellen Theile nach den Beweisstücken zu suchen. Das ausführliche Inhaltsverzeichniss und das Namenregister soll das Auffinden der Einzelheiten erleichtern.

Jena, im Mai 1875.

Dr. Eduard Strasburger.

Berichtigung

einiger sinnentstellender Fehler.

Seite	150	Zeile	10	von	oben	lies	„monokotylen“	statt:	monocolyten.
„	152	„	16	„	„	„	„drei“	statt:	beiden.
„	„	„	17	„	„	„	„	„	„
„	223	„	21	„	„	„	„die“	statt:	diese.

Inhaltsverzeichniss.

Seite

Werthbestimmung der Zelle XI

Erster Theil.

Ueber Zellbildung und Zelltheilung im Pflanzenreiche.

Freie Zellbildung.

Im Ei von Ephedra altissima 1
Im Ei von Ginkgo biloba 5
Bei der Bildung des Endosperms im Embryosack von Phaseolus multiflorus, ... 7
der Eier (Keimbläschen) und ihrer Gegenfüssler im Embryosack der Mono- und Dicotylen 10
Sporenbildung im Ascus von Ascobolus furfuraceus 11
Desgl. im Ascus bei einigen Pezizen 12
Desgl. im Ascus bei einigen Pyrenomyceten 12
Desgl. im Ascus von Peziza convexula 12
Desgl. im Ascus, der weniger oder mehr als acht Sporen enthält . . 13
Desgl. im Ascus von Tuber 13
und Elaphomyces granulatus 13
Desgl. im Ascus bei Anaptychia ciliaris 14
Desgl. im Ascus bei Calicieen und Sphaerophoreen 15
Bildung der Keimzellen und Schwärmsporen von Valonia utricularis . 16
Bildung der vier Zellen im oberen Theile des Eies von Picea vulgaris 17
Structur des Protoplasmas dieser Eier 18
Befruchtung 19
Schwinden des Mutterzellkerns 20
Bildung der vier Zellen im oberen Eiende 21
Abnorme Bildung freier Kerne 23
Verhalten des unbenutzten Protoplasmas im unteren Eitheile 24

Zelltheilung.

Seite

Theilung der vier Zellen im oberen Theile des Eies von Picea vulgaris 26
Versuch der Deutung des Vorgangs bei Bildung der ersten vier Zellen im Ei 30
Theilung der Zellen von Spirogyra orthospira Naeg. 32
Protoplasmaströmung in den Zellen von S. orthospira . . . 38
Bau der Cellulosewände von S. orthospira 51
Trennung der Zellen von einander bei S. orthospira 57
Schichtenbildung an den freien Endflächen 58
Wachsthum derselben 60
und Structur der Hautschicht 61
Künstlich veranlasste Trennung der Zellen 63
Einschachtelungstheorie 65
Bau der Cellulosewände von Ulothrix 66
Bau der Cellulosewände einiger dickeren Spirogyra-Arten darunter S. nitida und setiformis 69
Bau der Cellulosewände von Cladophoren 71
Bau der Cellulosewände von Oedogonium tumidulum 72
Entwicklungsgeschichte des Ringes 72
Aufspringen der Wand 76
Scheiden und Kappen 77
Verhalten der bereits differencirten Schichten der Cellulosewand bei weiterem Wachsthum derselben, bei Spirogyra orthospira und Ulothrix zonata verfolgt 80
Theilung der Zellen von Spirogyra nitida 81
einiger Spirogyra-Arten mit verdecktem Zellkern 82
der Zygnema-Arten 82
Verhalten der Chlorophyllkörper in letzteren 83
und Theilung der Chlorophyllkörner 84
Theilung der Zellen von Cladophoren 85
Dergl. von Ulothrix zonata 92
Dergl. von Oedogonium tumidulum 95
Dergl. von Saprolegnia 100
Theilung der Spaltöffnungsmutterzellen von Iris pumila zur Bildung der beiden Schliesszellen 103
Theilung junger Oberhautszellen von Iris pumila zur Bildung der Spaltöffnungsmutterzellen 105
Theilung der Endospermzellen von Phaseolus multiflorus 106
der Zellen in älteren Keimen von Pinus silvestris 108
dergl. in jüngeren Keimen von Ginkgo biloba 108
und von Triticum vulgare 109
Theilungsvorgänge im Cambium der Coniferen, vornehmlich von Pinus silvestris 109
Theilungen der Zellen in den Haaren von Tradescantia virginica . . 112
Verhalten der Scheidewände in den Endzellen dickerer Haarwurzeln von Laubmoosen 114
Die Stricturen und »Zellkerne« der Saprolegnia lactea 114

Seite

Die Theilungen der Oberhautszellen von Aneimia-Arten und anderer Farne zur Bildung der Spaltöffnungsmutterzellen 115
Theilungen in den Antheridialanlagen der Farne zur Bildung der ringförmigen Zellen 118
Vorgänge der s. g. Sprossung und succedanen Abschnürung . . . 118
Bildung der Ausbuchtung am Embryosack von Bartonia aurea . . . 120
der Ausbuchtungen und Anschwellungen an den Embryosäcken von Pedicularis silvatica, Veronica-Arten und Plantago lanceolata . . 120
Die Thyllenbildung 121
Sporenbildung der höheren Kryptogamen und Pollenbildung der Phanerogamen 121
Literaturübersicht 122
Theilungsvorgänge in den Pollenmutterzellen von Allium narcissiflorum 129
von Anthericum ramosum 131
von Tropaeolum majus 131
von Cucumis 133
Theilungsvorgänge in den Sporenmutterzellen von Psilotum triquetrum 135
von Funaria hygrometrica 139
von Equisetum 139
von Pellia epiphylla 140
Theilungsvorgänge in den Sporenmutterzellen von Anthoceros . . . 142
von Isoëtes Durieui 144
Makrosporen 147
Mikrosporen 150
Theilungsvorgänge in den Keimlingen von Craterospermum laetevirens 151
und Spirogyra jugalis (abnorm) 153
Theilungsvorgänge bei der Bildung der Schwärmsporen von Ulothrix zonata 153
Gestalt und Bau dieser Schwärmsporen 156
Ihre Keimung 157
Bildung der Schwärmsporen in den Zoosporangien von Saprolegnia ferax 158
Zellnetzsporangien 160
Bildung der Oosporen in den Oosporangien derselben Pflanze . . . 161
Bildung der Schwärmsporen von Hydrodictyon 162
von Aphanomyces stellatus 162
der Oosporen von Sphaeroplea annulina 164
und der Spermatozoiden derselben Pflanze 164
Vorgänge der simultanen Abschnürung 164
Bildung der Sporen der Hymenomyceten 165
Corticium amorphum 165
Tremellineen 166

Vollzellbildung.

Definition des Vorgangs 167
Bildung der Schwärmsporen bei Oedogonium und Bulbochaete . . . 168
bei Vaucheria sessilis 168
andere Vaucherien 169
Bildung der Schwärmsporen bei Stigeoclonium insigne 169

Seite
der Androsporen bei Oedogonium diplandrum 170
der Spermatozoiden 170
der Oosporen bei Aphanomyces stellatus 170
bei monosporen Saprolegnien, der Eier bei den meisten Algen, bei den Muscineen und Gefässkryptogamen 170
Fucaceen 170
Bildung der Oospore bei Peronosporeen 171
bei Rhipidium 171
Bildung der Spermatozoiden bei den Characeen, Muscineen und Gefässkryptogamen 171
Polypodiaceen 172
Cyatheaceen 172
Selaginella 172
Isoëtes lacustris 172
Marsilia elata 173
Salvinia natans 173

Zweiter Theil.

Ueber Zellbildung und Zelltheilung im Thierreiche.

Stellung der Aufgabe 177
Eifurchung bei Ascaris nigrovenosa und Strongylus auricularis . . . 178
Eifurchung bei Cucullanus elegans 181
bei Rhabditis dolichura 182
Theilung der Keimzellen der Spermatozoiden von Blatta germanica, der embryonalen rothen Blutkörperchen des Hühnchens, Eifurchung bei Räderthieren, Theilung der Blastodermzellen eines Schmetterlingseies, Eifurchung bei Schnecken, Fröschen, Theilung der Knorpelzellen 184
Eifurchung bei Geryonia 184
Theilung der Netzknorpelzellen aus der Ohrmuschel eines Kalbes . 186
Eifurchung bei Phallusia mamillata 189
Ausstossen des alten Kerns aus thierischen Eiern 189
Bildung eines neuen 190
Theilungsvorgänge 192
Entstehung der Keimhaut an den Insecteneiern 197
Chironymus 197
Apis mellifica 197
Regeneration des Plattenepithels 198

Dritter Theil.

Einige Bemerkungen über Zellbildung und Zelltheilung im Protistenreiche.

Voraussichtliche Ergebnisse 201
Knospung bei Acineten 202
Theilung der Protamoeba primitiva 203

Vierter Theil.

Allgemeine Ergebnisse und Betrachtungen.

Seite

Freie Zellbildung 207
Bildung des Kernes in Ascidieneiern 209
Verhalten der Zellkerne bei der Theilung 210
Bildung der Kernfäden 212
Entstehung der Zellplatte 213
Verhältniss der Zelltheilung zur freien Zellbildung 214
Uebereinstimmung der Theilungsvorgänge in Thier- und Pflanzenzellen 215
Abgeleitete Vorgänge der Zelltheilung 217
Deutung des Vorgangs bei Spirogyra orthospira 219
Deutung des Vorgangs bei Cladophora 221
bei Siphoneen, Saprolegnien und im Allgemeinen bei den Pilzen . . 221
Die Theilungsvorgänge bei Bildung der Spaltöffnungsmutterzellen und Wandzellen der Farnantheridien, bei Sprossung und Abschnürung 222
Theilungsvorgänge ohne Betheiligung des Mutterzellkerns 222
Knospung der Kerne bei Acineten 223
Zweitheilung kernloser Zellen 223
Zweitheilung der Chlorophyllkörner 224
Freie Zellbildung als Verkürzung der Entwicklung 224
Vorgänge der Vielzellbildung 226
Auflösung des Zellkerns 226
Die Vollzellbildung 227
Die Einzellbildung und die extremen Fälle derselben 228
Einige die Zellbildung und Zelltheilung begleitende Erscheinungen . 228
Besprechung der Literatur über die Deutung der Zellbildung und Zelltheilung 230
Entwicklungsgeschichte des Zellkerns 233
Structurverhältnisse der Hautschicht 236
Sonderung des Protoplasmas in Körnermasse Hautschicht und Kern . 237

Erklärung der Abbildungen 239

Werthbestimmung der Zelle.

Den Ausgangspunkt dieser Werthbestimmung bilden für uns diejenigen Elementargebilde, welche in dem protoplasmatischen, von einer Hautschicht umgrenzten Zellleibe, auch noch einen Zellkern aufzuweisen haben.

Alle solche Gebilde, die wir für homolog oder doch für histologisch gleichwerthig obigen »Zellen« halten, wollen wir als Zellen bezeichnen, ob sie nun alle die angeführten Bestandtheile aufzuweisen haben, oder auch einiger derselben entbehren.

Wir werden also den Begriff der Zelle in seiner weitesten Ausdehnung brauchen und begründen diess durch die Auffassung: dass der Werth der Zelle nicht auf einem ihrer Bestandtheile, sondern auf ihrer histologischen Individualität beruht.

Erster Theil.

Ueber Zellbildung und Zelltheilung im Pflanzenreiche.

Freie Zellbildung.

Die Eier[1]) von *Ephedra altissima* werden vor der Reife von schaumigem Protoplasma gebildet. An ihrem organisch unteren, d. h. dem Archegoniumhalse zugekehrten Ende[2]) zeigen sie eine deutlich abgegrenzte s. g. Canalzelle; unterhalb derselben zwischen den Vacuolen liegt der meist schwer sichtbare Zellkern des Eies (Taf. I, Fig. 2). Zur Befruchtungszeit schwinden die grossen Vacuolen aus dem organisch oberen (vom Archegoniumhalse abgewendeten) Theile des Eies; dasselbe wird jetzt zu zwei Dritteln seiner ganzen Masse von gleichmässig kleinkämmerigem, feinkörnigem, scheinbar homogenem Protoplasma erfüllt. Nur das untere Drittel behält seine grossen Vacuolen, die wohl auch noch, an den Wänden entlang, den homogenen Theil mehr oder weniger weit umfassen. Der Zellkern der Canalzelle und derjenige des Eies haben sich jetzt mit körnigen Stoffen gefüllt; der Kern des letzteren tritt dann deutlich hervor und liegt stets in dem unteren Ende des homogenen Protoplasmas (Taf. I, Fig. 3). So fand ich die Eier meist auch bei nicht erfolgter Bestäubung, z. B. bei einer Ephedra campylopoda, von der wir nur die weibliche Pflanze besitzen. Sie verharrten auf diesem Zustande längere

[1]) So nenne ich den ganzen protoplasmatischen Inhalt der Centralzelle des Archegonium (Corpusculum R. Brown's). Vergl. im Uebrigen zur Orientirung die Fig. 1 der Taf. I nebst der Erklärung; und für das Nähere meine »Coniferen und Gnetaceen« p. 87 u. A; dort auch die Literatur. Weitere Angaben über Ephedra folgen übrigens bald in einem zweiten Theile zu dem eben genannten Werke.

[2]) Auf der Tafel kehren alle Eier ihr organisch oberes Ende nach unten.

Zeit und gingen endlich zu Grunde. Zur Reifezeit des Eies sind die Zellen des Archegoniumhalses, so wie die die Archegonien umgebenden Zellen, stark desorganisirt.

Die Befruchtung wird vollzogen, indem der dünne, zarte, mit feinkörnigem Protoplasma erfüllte Pollenschlauch sich an die desorganisirten Zellen des Archegoniumhalses anlegt (Tafel I, Fig. 4). Bis in das Innere des Archegoniums habe ich ihn nie eindringen sehen.

In Folge der Befruchtung sieht man den Zellkern des Eies schwinden; er vertheilt sich von seiner Peripherie aus beginnend in der Masse des Eies (Tafel I, Fig. 5. und 6). Gleichzeitig wird die Canalzelle desorganisirt; ihr Kern aber bleibt in veränderter Lage meist noch längere Zeit im unteren Ende des Eies erhalten (Fig. 5 und 6).

Frische Objecte sind für die Beobachtung aller dieser Entwicklungsvorgänge höchst ungünstig, namentlich auch derjenigen nach erfolgter Befruchtung, da sich dann alle Zellen, um die Archegonien herum, dicht mit undurchsichtigen Stärkekörnern füllen. In möglichst wasserfreiem (womöglich absolutem) Alcohol erhärtetes Material leistet aber vorzügliche Dienste. Wie ich mich durch den sorgfältigsten Vergleich mit frischem Material überzeugen konnte, behalten die Eier der Ephedra, und wohl auch sämmtlicher Coniferen, bei solcher Einwirkung alle ihre Structureigenthümlichkeiten. Nun ist es aber ein Leichtes, die durch längeres Liegen in absol. Alcohol hinlänglich erhärteten Eier auf dünnen Schnitten aus ihren Archegonien heraus zu präpariren. Jetzt kann man sie drehen und sonst wie nach Belieben behandeln. Manche Structureigenthümlichkeiten treten an so behandeltem Protoplasma überhaupt deutlicher als an frischem hervor. Man wird es, so meine ich, in Zukunft kaum versäumen dürfen, in allen die Vorgänge im Protaplasma behandelnden Arbeiten, Alcohol-Präparate mit zu Rathe ziehen.

Sobald der Kern des Eies verschwunden ist, treten in dem äusserst feinmaschigen, als homogen bezeichneten Theile des Eies (selten bis zwischen die Vacuolen hinein) verdichtete Stellen auf, die gleichzeitig in Mehrzahl sichtbar werden. Sie liegen

häufig in einer Reihe in der Längsaxe des Eies angeordnet (Taf. I, Fig. 7), aber auch dann in wechselnden Abständen; häufig aber auch ohne Regelmässigkeit durch den ganzen homogenen Theil des Eies zerstreut (Fig. 8). Sie erscheinen bei schwacher Vergrösserung als dunkle, bei ihrem ersten Sichtbarwerden wenig scharf umschriebene Flecke (Fig. 7) in dem ursprünglichen helleren Protoplasma. Mit starken Immersionssystemen erkennt man sie als mehr oder weniger kugelige Verdichtungen einer homogenen Protoplasmamasse (Fig. 7b). Um jede dieser dichteren Stellen ist, gleichzeitig mit ihrem Sichtbarwerden, eine, ihren Durchmesser um das Vielfache überschreitende, concentrische, hellere Zone zu bemerken. Diese Zone nimmt an Grösse zu im Verhältniss der Grössenzunahme des inneren Kerns. Dieser, zunächst solid, beginnt sich nunmehr auszuhöhlen und ein Theil seines Inhalts sich als Kernhülle zu differenciren, während ein anderer sich im Innern der Höhlung zu einem grössern, seltener zu mehreren kleineren, stark lichtbrechenden Kernkörperchen zusammenballt. Inzwischen ist die helle Zone um die Kernanlage immer mehr gewachsen, und es lässt sich meist in derselben eine Sonderung verfolgen, so zwar, dass diese Zone um die Kernanlage dichter, in gewisser Entfernung weniger dicht wird (Fig. 8). Wie zuvor, so auch jetzt, muss man ausserdem bemerken, dass die Körnchen in der Zone eine deutliche, zur Kernanlage radiale Lagerung zeigen. Schon jüngste Kernanlagen erscheinen wie von Strahlen umgeben. Erst auf einer gewissen Entwicklungsstufe wird die Abgrenzung der den Kern umgebenden Zellanlage nach aussen deutlich sichtbar; sie ist von einer Hautschicht gebildet, um die herum alsbald schwarze Punkte ihre beginnende Trennung von dem umgebenden Plasma des Eies andeuten (Fig. 8). Innerhalb der Trennungsstellen wird fast gleichzeitig auch Cellulose ausgeschieden, die rasch zu einer zusammenhängenden Membran wird (Fig. 9).

Sobald aber die Zelle ihre Cellulosemembran besitzt, ruft absoluter Alcohol eine schwache Contraction ihres Inhaltes hervor. Derselbe tritt ein Wenig von der Zellwand zurück, während sie unverändert ihren Ort beibehält, und auch das unbenutzte

Plasma des Eies, wie zuvor, so auch jetzt durch den abs. Alcohol gar nicht alterirt, von aussen an dieser Wand, ohne sich zurückzuziehen, verbleibt (Fig. 9 die untere Zelle). Die Figuren 7, 8 und 9 zeigen so alle Stufen der freien Zellbildung in den Eiern der Ephedra, fast von der ersten Anlage zu derselben an, bis zur Bildung der fertigen mit Cellulosemembran bedeckten Zelle.

Das Protoplasma der Zellen erfährt gleich nach Anlage der Zellwand eine Umlagerung des radial angeordneten Protoplasmas. Dasselbe erscheint nunmehr maschenförmig vertheilt, auch tauchen jetzt wohl grössere Vacuolen in demselben auf (Fig. 9 und 10). Die freien Zellen werden von 3 an bis auf 8 in einem Ei erzeugt. Sobald dieselben gebildet sind, beginnt das unbenutzte Protoplasma des Eies sich so zu verändern, dass die ursprünglichen Wände der Kammern schwinden, dahingegen die Maschen einzeln, oder wohl auch zu mehreren verschmolzen, sich individualisiren. Sie erscheinen dann als von einer zarten Hülle umgebene, ziemlich inhaltsarme Bläschen. Jod färbt die spärlichen Körner des Innern, so wie auch die Hülle, gelbbraun. Das ganze Protoplasma erscheint somit grobkörnig ohne hingegen den Charakter des de Bary'schen Epiplasmas[1]) anzunehmen.

Normalerweise stören sich die einzelnen Zellanlagen nicht in ihrer Entwicklung, doch ist mir ein interessanter, monströser Fall vorgekommen, wo in der That eine solche gegenseitige Störung stattgefunden hatte (Fig. 11). Das Protoplasma des Eies war durchsetzt von unregelmässig gewundenen Gängen, die im Innern nur durch senkrecht zu ihrem Verlauf aufgesetzte, körnchenfreie Plasmastränge gestützt erschienen. Besser als durch die Beschreibung wird dieses complicirte Verhalten durch die Fig. 11 illustrirt. Die Gänge laufen um einzelne Protoplasmaportionen, in deren Innern je ein Kern zu erkennen ist. Ihr Verlauf scheint aus der Wechselwirkung dieser Kerne zu resultiren.

---

[1]) Vergl. die Sporenbildung in Ascis. Handb. d. phys. Bot. Bd. II, 1. Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten und Myxomyceten von de Bary p. 101 u. f. und auch weiter hier den Text.

Andere Missbildungen, wo statt der vorhin geschilderten Anlagen ein, zwei, seltener mehr grosse Kerne im Eie auftreten, kann ich hier übergehen[1]) und will nur noch ergänzend hinzufügen, dass jede der im Ei gebildeten Zellen alsbald einseitig einen Schlauch treibt, dieser das Archegonium seitlich durchbrechend in das benachbarte Gewebe dringt, sich an ihrer Spitze abgliedert, und dass diese abgegliederte Spitze definitiv im Innern des Endosperms (Prothalliumgewebes) die Embryonalanlage erzeugt.[2])

Bei der Conifere *Ginkgo biloba* werden im befruchteten Ei nach Auflösung des primären Kerns mehr denn dreissig Kerne zu gleicher Zeit gebildet (Taf. I, Fig. 13). Das Ei ist hier auffallend locker gebaut, das Protoplasma auf dünne Wände reducirt, die relativ grosse, polygonale Kammern umschliessen, daher im optischen Durchschnitt ein schönes Netzwerk in Gestalt der Fig. 14 (600 Mal vergrössert). Die feinen Körnchen, welche das Ei trüben, liegen nicht in den Wänden, sondern an denselben. Lässt man Jodlösung auf das Präparat einwirken, so färben sich die Wände der Kammern gelb, die Körnchen, soweit ihre Kleinheit ein ganz sicheres Urtheil zulässt, überall blau;[3]) letztere sind also wohl Stärkekörner. Das Lumen der Kammern bleibt völlig farblos. Die Vacuolen, die etwa bis auf diesen Entwicklungszustand sich im Ei erhielten, unterscheiden sich nicht nur dadurch, dass sie um so viel grösser und dass sie mehr oder weniger kugelig sind, von den Protoplasmakammern, sondern auch durch ihre scharfe innere und äussere Umgrenzung (in Fig. 14 rechts die Grenze einer Vacuole); auch sie erscheinen in den Alcohol-Präparaten ganz inhaltsleer.

---

[1]) Die Deutung des ganzen Vorgangs, so wie der genannten Missbildungen werde ich zum Theil schon in einem folgenden Abschnitt, eingehend aber erst in dem zweiten Theile der »Coniferen und Gnetaceen« geben.

[2]) Auch hierüber das Nähere in der späteren Publication.

[3]) Am besten dann zu sehen, wenn das Jod sich grösstentheils wieder verflüchtigt hat und das Protoplasma sich zu entfärben beginnt, während die Stärke noch das Jod festhält. (Etwa 24 Stunden nach der Behandlung.)

Soweit das Material zur Entscheidung reichte, werden die Kerne hier ebenso wie bei Ephedra angelegt und wachsen auch in derselben Weise.

Die Concentration des Protoplasmas bei dem ganzen Vorgange der Zellbildung ist hier aber geringer, und die den Kern umgebende Protoplasmazone markirt sich so schwach, dass ich ihrer erst bei speciell auf diesen Punkt gerichteter Untersuchung gewahr wurde. [1])

Der fertige Kern enthält ein oder mehrere stark lichtbrechende, meist hohle, mit Jod sich gelbfärbende Kernkörperchen. Die Zone um die Kerne lässt kaum Dichtigkeitsdifferencen erkennen und markirt sich heller als ihre Umgebung im Ei. Die Kammern sind in dieser Zone langgezogen, die Wände derselben zeigen daher vorwiegend radialen Verlauf.

Die Fig. 13 soll im Allgemeinen diese Schilderung erläutern, ohne bei so schwacher Vergrösserung die feinern Structurverhältnisse zeigen zu können. Um die hellen Zonen erfolgt die Lostrennung und die Membranbildung ganz in derselben Weise wie bei Ephedra, doch verschmelzen hier alsbald alle Zellen, sich vergrössernd, seitlich mit einander und bilden, sich weiter theilend, alle zusammen schliesslich nur eine einzige Embryonalanlage. [2]) Den Vorgang der Verschmelzung der frei entstandenen Zellen konnte ich hier nicht beobachten, ich will denselben am nächstfolgenden Beispiele schildern.

Das Object, an dem die freie Zellbildung am häufigsten untersucht wurde, ja von welchem ausgehend sie einst Schleiden [3])

[1]) In meinen »Coniferen und Gnetaceen« habe ich diese Zone in Fig. 59 der Taf. XIII. nicht abgebildet. Die Fig. 58 der gleichen Tafel mit so scharf sternförmigen Kernanlagen ist nach einem Object entworfen, das, wie ich mich jetzt überzeuge, während der Kernbildung abgestorben sein musste, daher die Kernanlagen einschrumpften und solche scharf sternförmige Gestalten annahmen.

[2]) Vergl. »Coniferen und Gnetaceen« p. 313.

[3]) Beiträge zur Phytogenesis in Müller's Archiv (Beiträge zur Botanik S. 129) 1838. Zur Anatomie der Cacteen Mém. de l'Acad. d. St. Petersb. VI S. 1840. Grundzüge der wiss. Bot. I. Aufl. und II. Aufl.

als einen im Pflanzenreiche ganz allgemeinen Vorgang hinstellte, ist das Endosperm der Phanerogamen.[1]) Ich wählte zur Untersuchung *Phaseolus multiflorus* und zwar zunächst frische Objecte in Hühnereiweiss, bald aber Alcohol-Präparate, nachdem ich mich zuvor überzeugt hatte, dass in absoluten Alcohol eingelegte Objecte vorzüglich erhalten und viel günstiger für die Untersuchung sind. Auch Schleiden hatte die Entdeckung der freien Zellbildung am Endosperm der Leguminosen gemacht; Dippel neuerdings dasselbe Object abgebildet.[2])

In dem befruchteten Embryosack von Phaseolus multiflorus wird zunächst der primäre Zellkern aufgelöst,[3]) dann im wandständigen Protoplasma des sich rasch vergrössernden Embroysackes die Bildung der freien Endospermzellen eingeleitet. Das Wandprotoplasma zeigt eine im Allgemeinen netzförmige oder kämmerige Structur, es wird von innen nach aussen dichter, indem die Kammern kleiner werden, relativ die grösste Dichte zeigt es im Mikropylende des Sackes. Die Bildung der freien Zellen lässt sich an Alcohol-Material bis auf ihre allerersten Anfänge zurückführen, viel weiter als es nach den bisherigen Untersuchungsmethoden überhaupt gelingen konnte. Ausserdem zeigt uns das Alcohol-Material auf das Bestimmteste, entgegen allen bisher gesammelten Erfahrungen, dass Kern und Zelle gleichzeitig und nicht letztere erst nach dem erstern angelegt werde.[4]) Die erste

---

[1]) Die weitere Literatur hierüber: Naegeli Zeitschrift f. wiss. Bot. Heft 3 und 4. 1846 p. 30; Hofmeister Entstehung des Embryo der Phanerogamen 1849 p. 11, zuletzt Lehre von der Pflanzenzelle 1867 p. 116 ff.; Schacht Lehrbuch I. Band 1856 p. 69; Dippel Mikroskop 1869 p. 43.

[2]) l. c. Taf. II Fig. 14.

[3]) So nach Hofmeister auch in allen anderen Fällen freier Endospermbildung im Embryosack der Phanerogamen. Lehr. v. d. Pflz. p. 116.

[4]) Nach den Angaben von Schleiden sollten im Protoplasma zuerst die Kernkörperchen sichtbar werden, sich um diese andere Körnchen allmälig ansammeln, mehr oder weniger zusammenfliessen und eine dicke oder dünnere Scheibe bilden, zuweilen zwei oder drei solcher Scheiben neben einander liegend sich vereinigen und so den Zellkern erzeugen. Um diese Kerne soll dann eine Membran entstehen und sich bald auf der einen Fläche des Zellkerns blasenförmig ausdehnen (Grundzüge IV. Aufl., nach der III. vom Jahre 1849 unverändert abgedruckt, p. 148—149). — Naegeli Zeitschr. f.

Verdichtung zur Bildung des Zellkerns wird in fast punktförmiger Grösse bemerkbar[2]) und gleichzeitig sieht man den Punkt auch schon von einer helleren Zone umgeben, die nach aussen äusserst zart, doch deutlich kreisförmig umschrieben erscheint und für die er den Mittelpunkt bildet (Tafel V, Fig. 5 bei 600facher Vergrösserung). Diese ersten Anfänge der Zellbildung sind am besten in den lockeren Theilen des Protoplasmas, an den vom Mikropylende entfernteren Orten, zu beobachten, da im dichteren Protoplasma des Mikropylendes die Zone um den ersten Kernanfang viel kleiner ist, und beide um so viel schwerer vom umgebenden Protoplasma zu unterscheiden. Dass aber der zarte Kreis nicht etwa die Peripherie eines kugeligen Kerns, der centrale Punkt nicht etwa ein Kernkörperchen darstellt, das zeigen die folgenden, durch die Figuren 6—10, Taf. V dargestellten Zustände. Der punktförmige Kern nimmt an Grösse zu, und in dem Maasse wächst auch die sphärische Wirkungszone desselben, in der oft unzweifelhaft eine radiale Anordnung der Protaplasmateilchen zu bemerken ist. Die Fig. 8 ist den dichteren Theilen des Protoplasmas

---

wiss. Bot. Heft 3 und 4 p. 34, hält es für wahrscheinlich, dass sich zuerst das Kernchen bilde und um dasselbe der Kern entstehe. Dann sammle sich vorwiegend einseitig Schleim um den Kern an und umgebe sich mit einer Membran (p. 36). Aehnlich Schacht Lehrb. p. 70. — Nach Dippel lässt sich die Bildung der Zellkerne nicht mit voller Sicherheit beobachten, man trifft immer schon ausgebildete kleinere und grössere freie Zellkerne, die das Kernkörperchen und ein deutliches Häutchen erkennen lassen; um diese häufen sich dichtere Protoplasmamassen an, die sich bald mit einer äusserst zarten Membran umgeben (Mikr. p. 44). Hofmeister schreibt zuletzt, Lehre v. d. Pfiz. p. 116: »In dem Wandbelege des Embryosacks aus Protoplasma, welcher die Innenfläche der Embryosackhaut und auch die Aussenseite der Keimbläschen und ihrer Antipoden überkleidet, treten gleichzeitig freie Zellkerne von abgeplattet ellipsoidischer, selten kugeliger Form in Anzahl auf. Bei ihrem ersten Sichtbarwerden sind die Kerne der Endospermzellen bläschenähnliche Gebilde, ohne feste Bildungen im Innern. Ihre Grösse übertrifft in allen untersuchten Fällen erheblich diejenige der später in ihnen entstehenden Kernkörperchen.« »Um jeden Zellenkern häuft sich ein Ballen dichteren Protoplasmas, dessen Peripherie die Beschaffenheit einer Hautschicht besitzt und der so eine Primordialzelle darstellt.« Diese bilden ihre festen elastischen Membranen erst nach eingetretener gegenseitiger Berührung.

[2]) Vgl. dagegen das eben angeführte Citat von Hofmeister.

am Mikropylende entnommen, um zu zeigen, wie hier die Zonen relativ klein im Verhältniss zur schon erreichten Grösse der Kerne werden. Die Zellanlagen sind mehr oder weniger regelmässig im Protoplasma vertheilt, im dichteren Mikropylende näher an einander als in den lockeren Theilen. Bis zu dem Zustande der Fig. 10 bleibt der Kern ganz homogen, stark lichtbrechend, daher die häufige Bezeichnung der Kerne im frischen Zustande als oeltropfenähnlicher Gebilde. Auch bei dem Zustande der Fig. 11, Taf. V, treten dann, meist gleichzeitig, mehrere Vacuolen in der Kernmasse auf, mit rosa erscheinender Flüssigkeit erfüllt. Sehr bald differencirt sich nunmehr die äussere Contour der Sphäre als Hautschicht und dann wird auch, bei weiterer Grössenzunahme der Zelle, die Anordnung ihres protoplasmatischen Inhaltes verändert; derselbe zeigt eine netzförmige Vertheilung. Der Kern bleibt aber central oder zieht sich an die Wand zurück. Einzelne Protoplasmastränge bleiben grade und markiren sich besonders, indem sie vom Kern bis zur Hautschicht der Zelle sich verfolgen lassen. (Fig. 13 und 14, Taf. V.) Doch die Zelle wächst noch immer weiter; das Protoplasma beginnt sich vom Kern langsam nach der Hautschicht der Zelle zurückzuziehen; die Wände der Maschen verschmelzen hier und dort zu dickeren Protoplasmaplatten. Der Kern verändert jetzt auch meist seine ursprünglich sphärische Gestalt: er hängt an den gerade gebliebenen Fäden, im Centrum der Zelle, oder liegt der Wand an (Fig. 15). Endlich fangen die Zellen an sich mit ihren Wänden zu erreichen, hier und dort berühren sie sich schon, an anderen Stellen werden sie noch durch dünnere oder dickere Protoplasmaplatten getrennt, welche von den Zellen resorbirt werden müssen, bevor sich letztere vereinigen können. Erst wo die Hautschichten zweier Zellen sich vollständig an einandergelegt, war ich im Stande, eine, dieselben trennende Cellulose-lamelle mit Chlorzinkjod sicher nachzuweisen.[1]) Das Protoplasma der Zelle hat sich gleichzeitig zu einer relativ dünnen, gleichmässigen, fast vacuolenfreien Körnerschicht an die Wand der Zelle zurückgezogen (Fig. 16). Die zunächst freien, nun-

[1]) Ebenso Hofmeister L. v. d. Pflz. p. 117.

mehr bald zum geschlossenen Gewebe verbundenen Zellen vermehren sich durch Theilung, wovon weiter im Text die Rede sein soll.

Niemals habe ich bei Phaseolos multiflorus mehrere neue Tochterzellen frei innerhalb einer ebenfalls noch freien Endospermzelle, wie diess Hofmeister für Asphodelus albus [1]) beschreibt und abbildet, entstehen sehen. Wohl aber kommt es bei Phaseolus sehr häufig vor, dass zwei oder mehrere Kerne so nahe aneinander angelegt werden, dass ihre Anziehungszonen ineinandergreifen. Dann erhält man im einfachsten Falle Bilder wie Fig. 12, Taf. V, oder entsprechend complicirtere.

Erinnert sei hier nur, dass das Endosperm, wie bei Phaseolus, in der Mehrzahl phanerogamer Pflanzenfamilien durch freie Zellbildung angelegt wird, dass es aber auch in einer ganzen Anzahl von Familien, deren Aufzählung ich bei Hofmeister (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. I p. 185) nachzusehen bitte, durch wiederholte Zweitheilung des ganzen Embroysackes, oder einer von dessen übrigem Raume sich abscheidenden, einzigen grossen Zelle, vor sich geht (l. c. p. 181).

Viele Aehnlichkeit mit der Bildung freier Endospermzellen zeigt nach Hofmeister diejenige der sog. Keimbläschen und ihrer Gegenfüssler im Embroysack der Mono- und Dicotyledonen. Sie entstehen ebenfalls als freie Zellen im oberen resp. im unteren Ende des Embryosackes, in dem hier besonders angehäuften Wandprotoplasma dicht an die Wand des Sackes und dicht aneinander geschmiegt. Doch das Auffallende ist, dass der primäre Kern des Embryosacks während dieser Vorgänge in der Regel unverändert bleibt. [2])

Nach letztveröffentlichten (1871) Beobachtungen von Janczewski [3]) an *Ascobulus furfuraceus,* besitzt ein junger Ascus

---

[1]) Entsteh. des Embry. p. 11 und Taf. X, Fig. 30—32 und Lehre v. d. Pflz. p. 117 Fig. 29.

[2]) Vergl. Lehre v. d. Pflz. p. 114 und 115. Auch erwähnt Hofmeister dort der vergänglichen Bildung einer freien Zelle um den primären Kern des Embroysackes mancher Monocotyledonen. p. 115 u. 116.

[3]) Bot. Zeitung 1871 Sp. 258. u. Ann. d. sc. nat. 5^{me} S. T. 15 p. 199.

dieses Discomyceten eine keulenförmige Gestalt und ist mit stark lichtbrechendem Protoplasma erfüllt, das nur im oberen Theile vollkommen vacuolenfrei ist und hier einen kugelrunden, schwach lichtbrechenden Nucleus mit Nucleolus einschliesst. Vor Beginn der Sporenbildung verlängert sich der Schlauch, dann »verschwindet in einem gewissen Momente der Nucleus und plötzlich erscheinen die acht Sporen auf einmal. Diese simultan entstandenen Sporen sind zuerst kugelförmige, schwach lichtbrechende Protoplasmaportionen, in deren Mitte ein Zellkern mit einem Nucleolus vorhanden ist. In diesem Zustande besitzen sie noch keine feste Membran und werden durch Ammoniak gänzlich zerstört. Später werden sie oval und bekleiden sich mit einer anfangs sehr dünnen Cellulosemembran, welche durch Jodlösung, ebenso wie die Ascusmembran, blau gefärbt wird, während das Protoplasma der Sporen und das zu ihrer Bildung nicht verbrauchte eine gelbe Farbe annimmt. Diese Reaction ist nicht dauernd; das Protoplasma des Schlauches, welches die Sporen umschliesst, nimmt allmälig die charakteristische Epiplasmareaction an; dann wird es von Jodlösung schön violett oder braunroth gefärbt.«

Diesen Angaben glaubte ich durchaus vertrauen zu können und versuchte es daher auch nicht, das Object mir selbst zur Untersuchung zu verschaffen. Aus den Figuren l. c. auf Tafel IV, vornehmlich der Fig. 4 von Janczewski, möchte ich noch entnehmen, dass die Sporen bei ihrem Auftreten als hellere Kugeln im Protoplasma des Schlauches erscheinen, so wie ich es auch anderwärts beobachtet hatte. Auch geht aus der Schilderung von Janczewski hervor, dass hier, bei simultaner Anlage der Sporen, mit dem Auftreten der 8 Kerne auch gleichzeitig die hellen Zonen um dieselben sichtbar werden, und dass nur die Cellulosemembranen um letztere fehlen, um die Bildung der Sporen ganz perfect zu machen. Es verhält sich diese Sporenbildung also wie die Bildung der freien Endospermzellen von Phaseolus, nur dass hier der Zellkern und daher auch die ihn umgebende Zone, von Anfang an, die definitive Grösse (d. h. letztere bis zur Bildung der Cellulosemembran, denn das nun eintretende Wachs-

thum kann hier nicht mehr in Betracht kommen) erreichen, bei Phaseolus dagegen der Zellkern an Masse längere Zeit zunimmt und dem entsprechend die Zone um ihn sich erweitert.

Nach den übereinstimmenden Angaben von de Bary [1]) und Dippel [2]) werden bei einigen Ascomyceten zumal *Pezizen,* unter sonst, den eben beschriebenen, gleichen Verhältnissen, an Stelle des primären Zellkerns des Ascus zwei kleinere gebildet. [3]) »In einem ferneren Stadium findet man vier, dann acht Kerne, immer von der gleichen Structur, aber um so kleiner, je höher ihre Zahl ist. Die acht Kerne letzter Ordnung gruppiren sich in ziemlich gleicher Entfernung von einander; endlich ist jeder derselben von einer runden Protoplasmaportion umgeben, welche von dem übrigen durch grössere Durchsichtigkeit ausgezeichnet und durch eine sehr zarte Linie abgegrenzt ist. Diese Protoplasmaportionen sind die Anfänge der Sporen, sie entstehen alle gleichzeitig, erhalten bald feste Membranen und wachsen im Innern des Ascus etwa auf das Doppelte ihrer ursprünglichen Grösse heran. Das Protoplasma, welches sie zuerst umgiebt, verschwindet während ihres Heranwachsens bei Pez. pitya rasch; es wird hier immer, gleich dem in den Sporen enthaltenen, durch Jod, gelb gefärbt.« Bei P. confluens nimmt dagegen nach Entstehung der Sporen das Protoplasma die schon oben erwähnte Epiplasmareaction an.

Bei den *Pyrenomyceten* [4]) ist ebenfalls ein Kern im Ascus vorhanden, dann treten statt seiner simultan acht Sporen auf, doch ohne Zellkerne.

Dasselbe giebt nun Sachs sogar für eine Peziza: die *Peziza convexula* an. [5]) Im oberen Schlauchende sammelt sich je ein

---

[1]) Ueber die Fruchtentwicklung der Ascomyceten 1863 p. 14 u. a., zusammengefasst p. 34, und Morphol. und Phys. der Pilze, Flechten und Myxomyceten 1866 (Handb. II, 1) p. 102 u. ff.

[2]) Mikroskop. p. 47 Taf. II Fig. 16.

[3]) Die Schilderung nach de Bary l. c. p. 103.

[4]) De Bary l. c. 105.

[5]) Lehrbuch IV. Aufl. p. 11.

Theil des Protoplasmas um acht Punkte zu je einer ellipsoidischen Masse an. »Jede solche Ansammlung besteht anfänglich aus grobkörnigem Protoplasma, umgeben von einem hellen Hofe.« »Später wird jede Spore schärfer begrenzt, der helle Hof verschwindet, ihre Substanz selbst wird feinkörnig, heller, und in einem Brennpunkte ihrer Gestalt bildet sich eine Vacuole d. h. ein durchsichtiger Tropfen Flüssigkeit. Endlich umgiebt sich jede Spore mit einer festen Haut, die Vacuole schwindet und im Centrum tritt ein grosser Tropfen eines stark lichtbrechenden Oels auf, neben zahlreichen kleineren Oeltropfen.«

De Bary giebt weiter an,[1]) dass auch in den Asci die weniger als acht oder aber auch mehr, bis 50 Sporen und darüber enthalten, diese ebenfalls simultan entstehen. In den Schläuchen von *Tuber* soll nach demselben[2]) der Inhalt zunächst in eine excentrisch gelegene, mit Jod sich gelb färbende, Protoplasmakugel und ein diese umschliessendes wandständiges, mit Jod braunroth werdendes Epiplasma sich sondern. In der Protoplasmakugel erfolgt die Bildung der Sporen.[3]) Es treten in demselben »eine bis drei $^1/_{300}$ — $^1/_{150}$ Mm. grosse, runde Zellchen auf, welche überaus zart umschrieben und von dem umgebenden Protoplasma durch etwas geringere Durchsichtigkeit ausgezeichnet sind. Diese Zellchen nehmen nun zunächst an Grösse beträchtlich zu, erhalten schärferen Umriss und allmälig derbe Membran. Während der Ausbildung der erst entstandenen treten häufig Anfänge neuer Sporen auf,« und »niemals sind alle Sporen eines mehrsporigen Schlauches auf gleicher jugendlicher Entwicklungsstufe; erst gegen die Reife hin werden die früher entstandenen von den jüngeren eingeholt.« Zellkerne sind hier weder in den Schläuchen vor der Sporenbildung, noch bei der Sporenanlage, noch in fertigen Sporen vorhanden. Ebenso bei *Elaphomyces granulatus*,[4]) nur dass hier das Protoplasma eine dünne Wandschicht um eine oder wenige grosse Vacuolen bildet

---

[1]) l. c. p. 106.
[2]) l. c. p. 106.
[3]) Vergl. dagegen Hofmeister Lehre v. d. Pflz. p. 121 u. 122.
[4]) Ebend. p. 107.

und die Sporen daher an der Wand des Schlauches angelegt werden müssen.

Alle bekannten Zustände, schreibt de Bary,[1]) deuten auf eine Uebereinstimmung der Sporenentwicklung der Flechten mit derjenigen der Ascomyceten hin. »Besonders deutlich wird diese angezeigt dadurch, dass es wenigstens in manchen Fällen möglich ist, vor der Sporenbildung den primären Zellkern in den Schläuchen nachzuweisen.«

Nach meinen eigenen Untersuchungen an *Anaptychia ciliaris* (L.) Kbr.[2]) ist dieser primäre Kern in der That vorhanden, er liegt in dem oberen Theile des sich zur Sporenbildung anschickenden, keulenförmigen Ascus. Der Ascus ist mit ziemlich gleich dichtem Protoplasma erfüllt, er besitzt eine dicke, quellungsfähige Wandung. Der Zellkern ist rund, in seinem oberen Theil besonders dicht und lichtbrechend, wie diess an Alcohol-Material sehr leicht festzustellen ist. Der Ascus nimmt an Grösse zu, der primäre Zellkern schwindet, und es treten nun simultan die acht Sporen im oberen Theile des Ascus auf, die einander oft fast bis zur Berührung genähert sind und das obere Protoplasma des Schlauches mehr oder weniger vollständig zu ihrer Bildung verbrauchen. Die Sporen entstehen sofort als Ganzes, in der Mitte einer jeden ist aber eine kleine verdichtete, wenn auch wenig scharf umschriebene Stelle zu bemerken. Diese Sporenanlagen sind zunächst durchaus solid; sie umgeben sich ausserordentlich rasch mit einer farblosen Cellulosemembran, die auch ausserordentlich rasch an Dicke zunimmt. Gleichzeitig wird die Spore grösser und der protoplasmatische Inhalt zieht sich an ihre Wand zurück. Die mittlere Verdichtung, die sich jetzt als eine Art kleinen unregelmässig gestalteten, oft sternförmigen Kornes zu erkennen giebt, wird ebenfalls wandständig, sie scheint die Bedeutung des Zellkerns zu haben, denn sie ver-

[1]) l. c. p. 282. Vergl. dort auch die Literatur, so wie bei Hofmeister L. v. d. Pflz. p. 121.

[2]) Vergl. die Abbildung bei Sachs Lehrbuch IV. Aufl. p. 325. Die ältere Abbildung so wie die Beschreibung des Vorgangs bei Schacht Lehrb. Bd. I p. 74 u. 75 muss durch irgend eine Täuschung veranlasst worden sein.

doppelt sich jetzt, und zwischen ihren beiden, nun noch um die Hälfte verkleinerten Theilen entsteht eine Protoplasmabrücke, welche die nunmehr ellipsoidisch gewordene Spore ihrem kürzesten Durchmesser gemäss in zwei gleiche Hälften zerlegt. Die Details der Kerntheilung entgehen hier, der Kleinheit des Objects wegen, der Beobachtung. In der Protoplasmabrücke wird simultan die neue Cellulosewand gebildet, die alsbald auch eine nicht unbedeutende Stärke erhält. Die beiden kleinen Kerne legen sich meist der neuen Wand an, sind aber in etwas älteren Sporen nicht mehr von sonstigen Körnern des Inhalts zu unterscheiden. Es wird hier gleichsam nur der Versuch zur Individualisirung einer centralen Anziehungsmasse gemacht, deren Ausbildung aber nur höchst ursprünglich bleibt und deren Existenzdauer eine nur ausserordentlich kurze ist. Sehr rasch beginnen jetzt die Membranen, die nunmehr zweizelligen Sporen, zu dunkeln an, in Tönen, die sich zwischen grau und braun bewegen. Das wenige, um die Sporen zurückgebliebene Protoplasma färbt sich mit Jod jederzeit braungelb.

Uebereinstimmend mit Anaptychia ciliaris fand ich die Anlage der Sporen auch in den Asci der *Calicieae* und *Sphaerophoreae.*[1]) Wenn die Sporen hier auch meist aus dem Ascus nicht entlassen werden, sondern der Ascus in ihnen entsprechende Stücke zerfällt, so entstehen sie trotzdem nicht durch Theilung seines Inhalts, vielmehr frei in demselben. Sie liegen hier stets in nur einer Längsreihe, verbrauchen gleich bei ihrer Entstehung fast den ganzen Inhalt des Schlauches und schmiegen sich endlich, noch grösser werdend, dicht an einander und an dessen Wand an, diese Wand oft ausbuchtend und selber tonnenförmig werdend.

Doch auch ziemlich reife Sporen lassen sich noch hier und dort aus dem Schlauch heraus drücken,[2]) und wenn dessen Membran bald nicht mehr optisch nachweisbar ist, so liegt diess nur an ihrer grossen Zartheit und den Lichtbrechungserscheinungen

[1]) Vergl. auch Tulasne Ann. d. sc. nat. 3me s. T. 18 p. 77, 78 und de Bary Handb. II, 1. p. 285.

[2]) Vergl. auch Tulasne l. c. p. 79.

an den dunkelnden Sporen. Die Zweitheilung der Sporen bei Calycium trachelinum zeigte sich ganz der bei Anaptychia entsprechend.

Erwähnt sei an dieser Stelle, was aus den Untersuchungen von Naegeli,[1]) Bornet[2]) und Famintzin,[3]) namentlich aber des letzteren hervorgeht, dass nämlich bei der Siphoneae *Valonia utricularis* die Keimzellen durch freie Zellbildung, und zwar ohne Zellkern, aus dem Wandprotoplasma der Mutterzelle entstehen. Auch diese Mutterzelle besitzt keinen Zellkern, eben so wenig wie diejenigen anderer Siphoneen; sie ist von einer chlorophyllhaltigen, wandständigen Protoplasmaschicht gleichmässig ausgekleidet. An Stellen, wo die Keimzellen entstehen sollen, werden nach Famintzin zunächst Stärkekörner in den Chlorophyllkörnern erzeugt. Dann sieht man innerhalb dieser Stellen chlorophyllführendes Protoplasma sich anhäufen. Von der Fläche gesehen erscheinen diese Anhäufungen gewöhnlich kreisrund, im optischen Durchschnitt sieht man sie flach der Zellwand anliegen. Später wird jede derselben durch eine eigne Membran abgegrenzt, welche sich mit ihrer ganzen Aussenfläche der Membran der Mutterzelle anlegt und mit derselben in eins verschmilzt. — So weit interessirt uns hier dieser Vorgang der freien Zellbildung ohne vorausgehende oder begleitende Zellkernbildung, und nur um die Schilderung zu vervollständigen, füge ich noch hinzu, dass die Keimzellen später zwischen die Lamellen der Mutterzellwand eingeschlossen werden und peripherisch zu Aesten oder s. g. Wurzelzellen auswachsen[4]). Ausser den Keimzellen werden in der Valonia, nach Famintzin, auch Schwärmsporen gebildet. In der gleichförmigen Chlorophyllschicht entstehen Lücken, und das aus diesen Lücken gewichene Chlorophyll sammelt sich in dicken, netzförmig verbundenen Strängen an. Dann sieht man das Netz »in eine grosse Zahl

[1]) Die neueren Algensysteme p. 155—157. Taf. II, Fig. 7—24.

[2]) Mémoires de la soc. Imp. des sc. nat. à Cherbourg Taf. VI.

[3]) Bot. Zeitung 1860 p. 341, neuerdings auch Pedicino Bullett. dei Nat. e Med. Napoli 1870.

[4]) Das Nähere hierüber bei Famintzin l. c. p. 342.

grüner Massen zerfallen, welche durch farblose, immer deutlich hervortretende Streifen von einander getrennt werden. Bald, nach vollkommener Individualisirung, wird an diesen eine leise Bewegung sichtbar und indem letztere immer lebhafter wird, trennen sie sich endlich von einander als eine Unmasse von Zoosporen.« »Oft wird nicht der ganze Zellinhalt zur Zoosporenbildung verwendet, sondern nur das grün gefärbte Protoplasma, während anderes, chlorophyllfreies Protoplasma unverbraucht bleibt.« »Ich habe öfters,« schreibt Famintzin, »in den Zellen nach dem Ausschwärmen der Zoosporen die Protoplasmamasse stellenweise als durchsichtiges farbloses Netz verbleiben sehen, in welchem die von den Zoosporen verlassenen Räume noch sichtbar waren.« Die Schwärmsporen gelangen aus der Mutterzelle in die umgebende Flüssigkeit durch viele in der Membran der Mutterzelle sich bildende rundliche Oeffnungen.

Dieser Vorgang der Zoosporenbildung, dessen ich hier bei der freien Zellbildung erwähne, könnte eben so gut unter die Zelltheilung »mit gleichzeitiger Bildung vieler Tochterzellen« gebracht werden. Es würden dorthin, nach der gewöhnlichen Eintheilungsweise, diejenigen unter den eben geschilderten Fällen gehören, wo der gesammte Inhalt der Mutterzelle in der Bildung der Schwärmsporen aufgegangen; zu der freien Zellbildung hingegen diejenigen Fälle, wo dieser Inhalt nicht vollständig auf gebraucht wird. Dieses zeigt, wie schwer oftmals eine Grenze zwischen beiden Vorgängen, wie sie heut unterschieden werden, zu ziehen ist; denn auch das andere Criterium: dass bei freier Zellbildung die Mutterzelle als solche bestehen bleibt, bei der Zelltheilung in der Bildung der Mutterzellen aufgeht, ist oft nicht stichhaltiger.

Als letztes Beispiel, soll hier ein Vorgang folgen, der, in einem anderen Sinne, die Mitte zwischen freier Zellbildung und Zelltheilung hält.

Das Ei [1]) der *Fichte (Picea vulgaris)* besteht zur Empfängniss-

[1]) Zur Orientation diene die Fig. 15 der Tafel II nebst Erklärung. Die Literatur bitte ich in meinen »Coniferen und Gnetaceen« nachzuschlagen.

zeit aus sehr dichtem Protoplasma. Frische Objecte lassen wenig Einsicht in dessen Vertheilung gewinnen, wohl aber Alcohol-Präparate und zwar auch da nur zarte, durch die erhärteten Eier geführte Schnitte. Das ganze Protoplasma erscheint dann, abgesehen etwa von einigen grösseren Vacuolen, die auch fehlen können, aus polygonalen Kammern gebildet, bei 600facher Vergrösserung zeigen sie das Bild der Fig. 17a, Taf. II. Die Wände der Kammern sind scharf abgegrenzt, kleine Körnchen fehlen so gut wie an denselben, wohl aber sieht man annähernd in der Mitte jeder Kammer ein grösseres stark lichtbrechendes, hin und wieder hohles, mehr oder weniger kugeliges Korn. Zwischen den Wänden und diesen grossen Körnern ist oft noch ein, viel schwächer als letztere, das Licht brechender Stoff gleichmässig vertheilt, oft scheint dieser Raum auch ganz leer zu sein. Jodlösung färbt die Wände der Kammern und die grossen Körner gelb, wohl auch den Raum zwischen beiden gelblich. Diese Körner sind es, denen das Protoplasma in den Alcohol-Präparaten sein dichtes, grobkörniges Aussehen verdankt. Dass die Kammern keine erst durch Alcohol hervorgerufene Kunstproducte sind, ergiebt sich aus der Vergleichung vieler Präparate fast von selbst, sie sind zu gleichmässig und constant entwickelt, auch fanden wir sie ja, in derselben oder ähnlichen Weise entwickelt, schon in anderen Objecten. Wohl aber drängt sich die Frage auf, ob nicht die grossen Körner innerhalb der Kammern aus eiweissreicher Flüssigkeit erst durch Alcohol niedergeschlagen werden. Es ist mir das fast wahrscheinlicher, doch war es nicht endgiltig zu entscheiden; auf alle Fälle spricht die Anwesenheit dieser Körner an Alcohol-Präparaten für einen grossen Eiweissreichthum des Inhalts der Kammern auch im frischen Zustande. Aehnliche Körner finden sich in den Vacuolen, die bis auf diesen Entwicklungszustand sich im Ei erhielten, doch sind sie dort stets in Mehrzahl vorhanden, unregelmässig, meist gegen die Mitte der Vacuole hin gruppirt (Fig. 17b, Taf. II). In den Kammern findet man dagegen constant, oder doch fast ausnahmslos, nur ein grosses Korn. Die Kammern mit den Körnern rufen bei starken Vergrösserungen oft ganz den Anschein eines zelligen

Gewebes hervor (Fig. 17a, Taf. II). Die Kammern sind auch hier wieder von etwa noch vorhandenen Vacuolen verschieden, letztere viel schärfer und bestimmter abgeschlossen, daher auch viel starrer als die Kammern, die, wie wir bald sehen werden, nach Bedürfniss ihre Gestalt verändern können. Fügt man Aetzkalilösung hinzu, so schwindet die Structur der Kammern, ihre Einschlüsse werden unkenntlich, die Vacuolen bleiben hingegen deutlich erhalten.

Ich habe Vacuolen und Kammern sich so gegenübergestellt, wie sie hier eben im Extrem neben einander vorkommen; in diesem Extrem sind sie auch wirklich verschieden, mögen sie ihrer Entstehung nach ähnlich und selbst durch Mittelstufen verbunden sein. Hier unterscheiden sie sich nicht nur durch ihre Gestalt und Grösse, sondern auch durch ihren Inhalt. Beide Gebilde führen zwar Flüssigkeit, doch ist diejenige der Vacuolen entschieden wasserreicher als diejenige der Kammern. Daher wohl auch die schärfere Abgrenzung des Protoplasmas gegen den Inhalt der Vacuolen, die geringe Cohäsion zwischen beiden, und daher wohl auch die kugelige Abrundung der Vacuolen; während hingegen die Abgrenzung der innern Contour der Kammern gegen den Inhalt derselben durchaus keine scharfe ist.

Das Ei der Fichte (Picea vulgaris) führt an seiner organischen Basis[1]) eine schöne Canalzelle und in seinem Innern einen grossen Zellkern (Fig. 16, Taf. II). Auch die Canalzelle hat ihren eigenen Zellkern. Der Zellkern des Eies, der an frischem Material nur sehr schwach, an in Alcohol erhärtetem hingegen sehr scharf hervortritt, ist dadurch merkwürdig, dass er in seiner, der Canalzelle zugekehrten Hälfte, stets dichtes (höhlungsloses) Protoplasma enthält, in der von ihr abgekehrten Hälfte hingegen Körner.[2]) Dieses Verhalten zeigten auch die Zellkerne solcher Zapfen, die ich in umgekehrter Richtung (also aufrecht) am Baume festgebunden hatte.

Der stärkeführende Pollenschlauch dringt, durch die des-

[1]) Auch hier wieder sind alle Eier so abgebildet worden, dass sie ihre Basis nach oben, ihren Scheitel nach unten kehren.

[2]) Protoplasma und Körner färben sich mit Jod gelb.

organisirten Zellen des Archegoniumhalses seinen Weg sich bahnend, bis zum Eie vor, dann, die Canalzelle zerstörend, selbst in dasselbe hinein. Der Pollenschlauch ist an seiner Spitze stark porös (Fig. 18, Taf. II), die Stärkekörner, die er führt, werden aufgelöst und diffundiren in die Substanz des Eies. Sie bleiben in derselben zunächst in gelöstem Zustand, denn ich sehe auch jetzt keine Stärkekörner an den Wänden der Kammern oder sonst wo auftreten. Ueberhaupt wird das Aussehen und die Vertheilung der Stoffe im Ei durch die Befruchtung zunächst gar nicht verändert.

Alsbald beginnt aber der Zellkern des Eies zu schwinden, wobei seine Masse sich in der Substanz des Eies vertheilt. Bei schwacher Vergrösserung sieht man ihn dann hin und wieder als etwas helleren, mehr oder weniger elliptischen Fleck mit dunklerer Umgrenzung, der wohl der Hälfte des ganzen Eies an Grösse gleichkommen kann (Fig. 19, Taf. II). Auf Längsschnitten des Eies habe ich, auf solchen Entwicklungszuständen, oft die Zellkernmasse radial im Ei vertheilt gesehen (Fig. 20, Taf. II); nur wenige Körner waren noch an ursprünglicher Stelle des Zellkernes verblieben und erschienen auch zum Theil schon ausgehöhlt. Mit Immersionssystemen erkennt man, dass die Kammern des Protoplasmas sich in Richtung der Streifung gestreckt haben, und dass auch die centralen Körner, die sie enthalten, eine gleiche Verlängerung zeigen.

Zur Zeit, da die Befruchtung erfolgt. enthält das Ei meist keine, oder doch nur äusserst wenige Vacuolen; nur in seltenen Fällen trifft sie verfrüht auch Eier von noch stark schaumiger Beschaffenheit. Solche Eier neigen, wie wir bald sehen werden, zu Missbildungen, ja schon die Auflösung ihres Kernes kann abweichend vor sich gehen. Figur 21 zeigt letzteren Fall, in welchem die Substanz des sich lösenden Kerns in geschlängelten Bahnen sich zwischen den Vacuolen des Eies vertheilt. Gerade auch hier war mit Immersionssystemen die Streckung der Kammern und ihrer Körner in der jeweiligen Richtung der Bahnen schön zu verfolgen.

In allen denjenigen Fällen, die ich als normale bezeichnen muss, weil sie die überwiegend grösste Zahl aller Vorkommnisse umfassen, wird der primäre Zellkern des Eies endlich völlig aufgelöst und man sieht nun gleichzeitig vier Zellkerne in dem organisch oberen (auf der Tafel unteren) Ende des Eies auftauchen. Diese Zellkerne zeigen sich hier alsbald in ihrer vollen Grösse (Taf. II, Fig. 22 u. 23).

Es hat etwas Missliches, einen Entwicklungsgang aus einzelnen getrennten Zuständen, die verschiedenen Objecten entstammen, abstrahiren zu müssen. Das so erhaltene Resultat kann nie absolute Gewissheit beanspruchen. Einzelne Entwicklungsmomente können ja so rasch durchlaufen werden, dass sie sich constant der Beobachtung entziehen und somit auch stets in der Construction der Entwicklungsreihe fehlen.

Die Befruchtungsvorgänge bei den Coniferen lassen sich aber unmöglich an einem und demselben Objecte verfolgen, da solches durch die jedesmalige, nothwendige Präparation getödtet wird. Daher mir die Feststellung einer sichern Entwicklungsreihe hier die grösste Mühe verursacht hat. Vier Mal habe ich bereits die Befruchtung bei den Coniferen verfolgt. Ich glaubte schon früher in einem und demselben Zapfen, während der kurzen Befruchtungszeit, alle Zustände der Befruchtung vereinigt gesehen zu haben, doch sammelte ich in diesem Jahre, der noch grösseren Sicherheit wegen, drei Tage lang, d. h. während der ganzen Dauer des Vorgangs, die Zapfen: drei Mal am Tage und drei Mal des Nachts, in ziemlich gleichen Intervallen ein und fixirte die Zustände, indem ich die einzeln herausgeschälten Blüthen jedesmal sofort in absoluten Alcohol legte. Die Gläser wurden bezeichnet, und ihr Inhalt, nach erfolgter Erhärtung der Eier, untersucht. Beobachtungen an frischem Material, in Wasser und Eiweisslösung, gingen denjenigen an Alcohol-Material auch dieses Mal voraus. Das Alcohol-Material war, wie ich das früher schon hervorgehoben, dem frischen bei weitem vorzuziehen, und begnügte ich mich eigentlich damit, an den frischen Objecten nur wieder festzustellen, dass das Alcohol-Material auch wirklich keine demselben widersprechende Bilder giebt.

So ging denn von Neuem eine ganz ausserordentlich grosse Zahl Eier von Picea vulgaris durch meine Hände. Es zeigte sich dabei, dass die Präparate von Tag und Nacht sich nicht wesentlich in den Zuständen, die sie darboten, unterschieden; wenigstens war es mir nicht möglich, einen solchen Unterschied festzustellen.

Auch in den Zapfen, die ich in umgekehrter Richtung am Baume fixirt hatte, war die Befruchtung in ganz normaler Weise vor sich gegangen.

Die diesjährigen Untersuchungen an Picea vulgaris bestätigten also durchaus meine schon früher ausgesprochene Ansicht, dass die vier Zellkerne an Stelle des primären gleichzeitig im Scheitel des Eies auftreten.

Sie erreichen sofort ihre volle Grösse und erscheinen im frischen Zustande des Präparats als hellere Sphären einer homogenen, das Licht anders als das umgebende Protoplasma brechenden Substanz. Unter dem Einfluss des absoluten Alcohols wird ihr Inhalt wie unregelmässig grobkörnig.

Es waren zu keiner Zeit in diesen Zellkernen besonders sich markirende Kernkörperchen festzustellen, wohl aber nimmt ihr Inhalt später auch im frischen Zustande ein körniges Gefüge an.

Die vier Zellkerne zeigen, entsprechend ihrer relativ grossen Nähe, von Anfang an eine bestimmte Abhängigkeit von einander. Diese äussert sich zunächst schon in ihrer Gestalt: sie ähneln im Allgemeinen Kugeloctanten mit etwas abgerundeten Ecken und Kanten. Am besten veranschaulicht dies Fig. 22, Taf. II. Der Eischeitel ist in derselben etwas gegen den Zuschauer gehoben und zeigt so gleichzeitig die Lage aller vier in einer Ebene liegenden Zellkerne. Die Durchschnittsansicht zweier Zellkerne, auf gleichem Entwicklungszustande wie in Fig. 22, giebt Fig. 23a, Taf. II, während die Fig. 23b wenigstens die gegenseitige Lage dreier Zellkerne uns vergegenwärtigt.

Jeder entstehende Zellkern übt sofort einen Einfluss auf das umgebende Protoplasma aus, namentlich tritt diese Action combinirt zwischen den inneren Flächen der Kerne auf, also denjenigen, die sie einander zuwenden. Fig. 23, Taf. II zeigt ge-

nannte Verhältnisse am besten. Zwischen den Kernen erscheint das Protoplasma zu mehr oder weniger deutlichen parallelen Streifen angeordnet, die zwischen je zwei einander zugekehrten, in Wechselwirkung stehenden Kernflächen verlaufen. In der Mitte zwischen je zwei solchen Flächen und parallel zu denselben, bemerkt man gleichzeitig eine Verdickung der Fäden, die sich gleichsam als eine Reihe von Körnern, resp. der sie trennenden dunklen Punkte, markirt und die spätere Trennungsfläche der Zellen andeutet. Es sind vier solche Körnerflächen vorhanden, jede von annähernd kreisquadrantischem Umriss, die, in der Mitte der Anlage zusammenstossend, dieselbe in vier Stücke von fast kugeloctantischer Gestalt zerlegen. Jedes solche Stück enthält einen Zellkern und einen entsprechenden Theil des gestreiften Protoplasmas. Auch nach der unteren Eimasse hin grenzen sich die Kerne, und zwar gemeinsam, ab. Auch dort erscheint das ihnen angrenzende Protoplasma gestreift und sitzen dessen Streifen senkrecht gegen die unteren Kernflächen an. Die gemeinsame Abgrenzung gegen die untere Eimasse wird ebenfalls als besondere, und zwar in gleichmässiger Krümmung verlaufende Trennungsschicht angedeutet (Taf. II, Fig. 22 u. 23).

Wir haben es in diesem Falle, wie aus obiger Schilderung folgt, jedenfalls mit einem combinirten Vorgang der Zellenbildung zu thun: mit freier Zellbildung einerseits, insofern die vier neuen Zellkerne ganz frei in der Masse des Eies auftreten und vier Zellen bilden, die einen Theil, etwa nur $^1/_5$ der ganzen Eimasse, beanspruchen; mit keiner ganz freien Zellbildung andererseits, insofern die Kerne, von Anfang an, eine constante Beziehung zu einander zeigen, eine gemeinsame Trennungsfläche gegen die untere Eimasse und Trennungsflächen gegen einander bilden. Manchmal kommt hier als Missbildung wirklich freie Zellbildung, oder richtiger freie Kernbildung, vor. Ich bin wiederholt unter den vielen durchforschten Eiern solchen begegnet, in denen nach Auflösung des primären Kernes die vier neuen Kerne statt in dem Scheitel des Eies, ganz zerstreut in dessen Masse aufgetreten waren. Ich hatte mehrere solcher Fälle auf Taf. VIII meines Werkes über Coniferen und Gnetaceen abgebildet, ich füge hier

noch einen solchen in Fig. 25, Taf. II hinzu. Da zeigen die Kerne meistens gar keine Beziehung zu einander und erinnern durchaus an die frei entstandenen Kerne im Ei von Ephedra oder von Ginkgo. Die Zonenbildung ist um solche Kerne bei der Fichte oder Kiefer sehr schwach, wenn überhaupt zu erkennen, und scheint es nie bis zur Bildung abgeschlossener Zellen zu kommen. Ob solche Kerne wieder aufgelöst werden können, um den normalen im Eischeitel Platz zu machen oder nicht, kann ich nicht sagen. Zu solchen Missbildungen mit ganz freien, im Ei zerstreuten Kernen neigen aber vorzüglich, ja vielleicht ausschliesslich, solche Eier, welche relativ jung befruchtet worden, zu einer Zeit, wo sie noch Vacuolen enthielten, welche die gleichmässige Vertheilung des Protoplasmas im Eie nach der Befruchtung störten.

Als anderes Extrem, das aber kaum als Missbildung zu bezeichnen wäre, möchte ich den nicht gar zu seltenen Fall noch anführen, wo an Stelle der vier oberen Kerne gleichzeitig acht solche auftreten. Sie stehen dann zu je vier, in zwei Etagen, über einander, sind aber, wie gesagt, nicht durch Theilung aus einander hervorgegangen, sondern alle gleichzeitig angelegt worden. Die (organisch) obere Etage ist dann immer viel flacher als die (organisch) untere, und diese letztere ist es, welche die weitere Entwicklung übernimmt. Sie ist gegen die obere Etage zunächst ganz in derselben Weise abgegrenzt wie ihre vier Zellen gegen einander; bald wird die Abgrenzung gegen die obere Etage aber schärfer; ja letztere wird dann völlig abgetrennt, flachgedrückt und wahrscheinlich zuletzt resorbirt.

Ueber das Verhalten der unteren, unbenutzten Eimasse nach Abgrenzung der oberen vier Zellen muss ich noch einiges bemerken.

Vorausgeschickt sei aber zunächst, dass zur Zeit der Bildung dieser Kerne die ganze Eimasse, mit Ausnahme hin und wieder vielleicht nur ihres untersten Theiles, gleichmässig kämmerig erscheint; die Kammern in der früher beschriebenen Weise mit Eiweisskorn und glatten Wänden ohne Stärkeeinschlüsse. Nach Abgrenzung der vier Zellkerne nun zeigen sich zunächst kleine

Stärkekörnchen an den Wänden der Kammern. Die grossen Eiweisskörner fangen an zu schwinden, wobei sie zunächst an den Alcohol-Präparaten weniger dicht erscheinen (Fig. 24, Taf. II). Die Wände der Kammern desorganisiren sich dann und endlich, wenn die obere Anlage schon in das Endosperm einzudringen beginnt, findet man die unverbrauchte Substanz des Eies nur noch aus spärlichen, unregelmässig vertheilten, mit Jod sich gelbbraun, hie und dort in einzelnen Körnchen sich blau färbenden, feinkörnigen Stoffen bestehend. Die ganze Eiweissmasse ist nach und nach in die obere Anlage gewandert, die so, vom Eie aus, mit Eiweiss für die weitere Entwicklung ausgerüstet wird, während sie ihren Bedarf an Kohlenhydraten, für die vielen zu bildenden Membranen, auf ihrem Wege in den mit Stärke erfüllten Endosperm- (Prothallium-) Zellen findet.

Zelltheilung.

Meine Mühe, die Befruchtungsverhältnisse bei den Coniferen aufzuklären, ist mir im letzten Sommer insofern wieder ganz besonders gelohnt worden, als sie zum Ausgangspunkte des hier behandelten Themas wurde. Bei Ephedra hatte ich zuerst die Verhältnisse der freien Zellbildung, bei Picea dann zuerst diejenigen der Zelltheilung verfolgt. Es galt mir bei Picea meine, Hofmeister gegenüber, geltend gemachte Ansicht in jeder Weise sicher zu stellen, und dieses führte mich bis zum Studium der hier zu behandelnden minutiösen Verhältnisse. — Wir haben im vorhergehenden Abschnitte die *Picea*-Eier in dem Augenblicke verlassen, wo die vier Kerne im organischen Scheitel des Eies eben gebildet worden waren, respective vier Zellen sich durch Körnerreihen gegen einander und den übrigen Theil des Eies abgegrenzt hatten.

Bald sieht man nun die vier Kerne sich etwas abrunden, so zwar, dass sie aus der kugeloctantischen Form in die fast rein ellipsoide übergehen. Ihr Inhalt wird wieder ganz gleichmässig, und ihre Contouren meist weniger scharf. — Dann sieht man andere Kerne von anscheinend demselben Alter, welche aber im Aequator eine eigenthümliche Platte aufzuweisen haben, die von einer einfachen Schicht annähernd zu einander paralleler, stäbchenförmiger Körner gebildet wird (Taf. II, Fig. 27 rechts). Die Platte reicht mit ihrem Rande nicht ganz bis an die Peripherie des Kerns, dessen Inhalt zu ihren beiden Seiten schwach gestreift erscheint, so zwar, dass die Streifen senkrecht zu der Platte stehen und nach den beiden Polen des Kernes hin etwas

convergiren; sie enden dort in je einer, etwa kreisförmig umschriebenen Stelle. Die Stäbchenplatte fängt aber alsbald an sich zu spalten, in der Art, dass die Stäbchenenden in entgegengesetzter Richtung auseinanderzuweichen beginnen, sich in ihrem mittleren Theile zu zahlreichen feinen Fäden ausdehnend.[1]) Da alle Stäbchen diesen Process gleichzeitig ausführen, so sehen wir hierbei eben die ganze Stäbchenplatte in zwei Platten von geringerer Stärke zerfallen und diese, sich von einander entfernend, feine Fäden zwischen sich ausspannen (Taf. II. Fig. 27 links).[2]) Die Enden der Stäbchen werden mit ihrer steigenden Entfernung kleiner und rücken andererseits in jeder der beiden Platten seitlich aneinander.

Es dürfte gewagt erscheinen, hier, aus getrennten Entwicklungszuständen, auf obigen Zusammenhang zu schliessen; doch wir treten nur deshalb so entschieden auf, weil wir den ganzen Vorgang an anderen Objecten sich unter unseren Augen haben abwickeln sehen.

Durch die eben geschilderte Streckung der aequatorialen Stäbchenplatte ist die Substanz jeder der beiden Kernhälften gegen die früheren Pole des Mutterzellkerns gerückt und bildet hier je einen neuen Tochterzellkern (Fig. 28).

Diese neuen Zellkerne sind bei ihrer Entstehung annähernd ellipsoid und relativ sehr klein, da ihr grösster Durchmesser nur etwa 0,016 Mm., der kleinste nur etwa 0,012 Mm. beträgt. Ihre grössere Axe verläuft transversal zu derjenigen ihres früheren Mutterzellkerns. Sie erscheinen zunächst homogen; auf späteren Entwicklungszuständen ordnet sich ihr Inhalt aber zu mehr oder weniger parallelen, körnigen Streifen an, die in der Richtung der kleinen Axe verlaufen (Fig. 29, 30).[3])

---

[1]) Die Belege und weiteren Details hierfür folgen in den späteren Beispielen.

[2]) Dass in gen. Figur die beiden sichtbaren Kerne in ihren Entwicklungszuständen etwas differiren, ist eine Ausnahme. Uebrigens können, wie wir bald sehen werden, beide Zustände zeitlich nicht sehr weit auseinanderliegen.

[3]) Diese beiden Figuren rühren von Pinus silvestris her, die sich in allen Einzelheiten der hier geschilderten Vorgänge, wie Picea vulgaris verhält.

Schon während der Differencirung der Tochterzellkerne zeigten die zwischen denselben ausgespannten Fäden eine beginnende Anschwellung in der Mitte ihrer Länge (Fig. 28). Alle diese in einer Ebene liegenden Anschwellungen bilden eine Art Platte, die immer deutlicher im Aequator zwischen den sich bildenden Tochterkernen hervortritt (Fig. 29).

Jeder Tochterzellkern umgiebt sich alsbald mit körnigem Protoplasma, und es erscheint andererseits der Zusammenhang zwischen ihm und den Fäden mehr oder weniger aufgehoben (Fig. 29). Die Zellkerne nehmen an Umfang zu (Fig. 30), und gleichzeitig sieht man die Fadenmasse zwischen ihnen sich seitlich ausbreiten, so dass sie eine biconvexe Gestalt erhält. Dann verschmelzen die Anschwellungen der Fäden zu einer annähernd continuirlichen Scheibe (Fig. 30); im Innern derselben treten aber dunkle Punkte auf, Unterbrechungen, welche seitlich verschmelzend, schliesslich zu einer völligen Trennung der Scheibe in zwei Hälften führen. Diese Hälften stellen die Hautschichten für die neuen Zellen dar. Ihre Spaltung aus der einen Hautschichtplatte geschieht wohl unter ähnlichen Einflüssen wie die Spaltung der Stäbchenplatte im Aequator des Mutterzellkernes, es werden hier aber alsbald alle Verbindungsstellen in die beiden Hautschichten eingezogen, während gleichzeitig eine Ausscheidung von Membranstoff in die Spaltungsstellen erfolgt. Dieser bildet eine geschlossene Cellulosewand. Die Hauptschichtplatte der Kernfäden reicht übrigens nicht über den ganzen Querschnitt, in dem die Trennung der Zellen sich vollziehen soll; die fehlenden Stücke an den Rändern werden von dem anstossenden Protoplasma aus ergänzt. Dasselbe zeigt sich hier mehr oder weniger deutlich gestreift und bildet die Platte in der Mitte seiner Streifen (Fig. 30).

Für die Bildung der Cellulosewand finden sich zu beiden Seiten der noch ungespaltenen Hautschichtplatte Stärkekörnchen ein.

Die ursprüngliche Abgrenzung gegen den unteren Eitheil schwindet schon auf dem Zustande der Fig. 28. Die ursprüng-

liche seitliche Abgrenzung zwischen den Kernen wird jetzt hingegen perfect, indem die Körner der Platten verschmelzen und ebenfalls Hautschichten erzeugen. In Folge des Aufgebens der gemeinsamen unteren Abgrenzung liegen die vier unteren (in der Zeichnung stets umgekehrt) Tochterzellkerne jetzt ganz frei in der unteren Eimasse, die in den seitlichen Abgrenzungen gebildeten Membranen enden dann ebenfalls frei zwischen diesen Kernen (Fig. 29, 30 und 31).

Immer findet man daher in den Eiern von Picea und Pinus vier freie Kerne unter der oberen Embryonalanlage. Diese Zellkerne theilen sich nicht mehr und wachsen zu einer bedeutenden Grösse an, bis zu 0,06 Mm. Durchmesser und darüber. Dann hat sich der protoplasmatische Inhalt meist wieder zu einer glasdichten Masse in ihrem untersten Theile angesammelt, während der übrige Innenraum von feinen Protoplasmaströmen (die ich freilich nur aus den Bildern im erhärteten Zustande erschliesse) durchzogen erscheint[1]) (Fig. 31).

Während dem haben sich aber in den vier oberen Zellen die Theilungen wiederholt und sich nunmehr drei Etagen von je vier Zellen gebildet, wie aus Fig. 30 zu ersehen ist. Die Theilungsvorgänge in den vier secundären Zellen sind wesentlich dieselben wie in den primären, doch wickeln sie sich in einem kleineren Raume ab und sind daher ungünstiger für die Beobachtung. Die zwischen den Zellen gebildeten Scheidewände sind aber alle durchaus einfach und unspaltbar und setzen auch sämmtlich an die ursprüngliche Membran der Centralzelle an (Fig. 31). Letztere wird also nicht durchbrochen, vielmehr wächst sie weiter mit den sich alsbald streckenden Zellen der Anlage. Nur die, die Centralzelle umgebenden, flachen, die Hüllschicht derselben bildenden Zellen, werden an entsprechender Stelle zerquetscht und endlich resorbirt.

Bis zu dem Zustande der Fig. 29 ist es ein Leichtes, die erhärteten Eier behufs näherer Untersuchung aus den Archegonien

---

[1]) Protoplasmaströme im Innern eines Kerns sind schon von Weiss Szb. d. k. Ak. d. Wiss. z. Wien 1866. Bd. LIV, Juliheft gesehen worden.

zu befreien, der Umstand aber, dass die neuen Cellulosewände an die alte Wand der Centralzelle ansetzen, macht es selbstverständlich, dass nach Bildung der ersten Querwände zwischen den acht secundären Zellkernen, das Ei jedesmal, beim Versuch einer Freilegung, über dieser Stelle abreisst. Dann führen nur noch feine Schnitte zum Ziele, wie sie denn auch sonst zur Feststellung der Details hier überall mit zu Hilfe gezogen werden mussten.

Ich habe es absichtlich bisher vermieden, auf die Deutung des geschilderten Theilungsvorgangs einzugehen, wir werden eine solche erst versuchen, wenn uns eine grössere Summe von Erfahrungen zu Gebote steht. Nur die beiden, bei der Zelltheilung sich bethätigenden Platten will ich, um Wiederholungen zu vermeiden, gleich mit besonderem Namen bezeichnen, und zwar die erste, im Aequator des Zellkerns auftretende: Kernplatte, die zweite im Aequator der Fäden sich bildende: Zellplatte nennen.

Auf die ersten Vorgänge in dem Picea-Ei, die wir unter der freien Zellbildung behandelt haben, muss ich jetzt aber noch ergänzend zurückkommen. Würde der Theilungsmodus, wie wir ihn für die vier im oberen Ende des Eies angelegten Zellen geschildert, von Anfang an eingehalten, so hätte sich im primären Zellkerne des Eies eine aequatoriale Platte bilden müssen, sich dann spalten, die Spaltungshälften auseinanderrücken, zwei neue Kerne, einer im unteren, der andere im oberen Theil des Eies, sich ausbilden, der obere Kern senkrecht zu der vorhergehenden Richtung in zwei Kerne, diese selbst wieder in gleicher Weise in je zwei sich theilen. So hätten wir dann definitiv das Bild, das wir unvermittelt nach Auflösung des primären Kernes erhalten. Nun, ich halte es für sehr wahrscheinlich, dass wir es hier in der That mit einer verkürzten Entwicklung zu thun haben und dass die eben aufgezählten Mittelstufen nur übersprungen werden. Für eine solche Deutung würde vor allem die gegenseitige Beziehung sprechen, welche die vier oberen Kerne von Anfang an zu einander zeigen, so wie ihre gemeinsame Abgrenzung gegen den unteren Theil des Eies. Einmal sah ich auch die im Centrum des primären Kernes angesammelten Körnchen, bei Vergrösserung desselben,

in der Richtung der Längsaxe des Eies auseinanderrücken, als wenn der Versuch zur Theilung dieses Kerns gemacht werden sollte. Es ist dieser Fall in der Fig. 19, Taf. II abgebildet, wenn auch die schwache Vergrösserung die Wiedergabe aller Details kaum gestattete. — Ich habe eben der Einfachheit wegen angenommen, schon der eine der beiden aus dem primären entstandenen Kerne würde im oberen Ende des Eies, wo später die vier Kerne liegen, angelangt sein, doch ist es bei der zunächst gleichmässigeren Dichtigkeit des befruchteten Eies auch denkbar, dass hier ursprünglich in der Längsrichtung des Eies mehrere Quertheilungen erfolgten, und dass die, in etwa $^4/_5$ der Eilänge, über den vier Kernen jetzt auftretende, sich ja auch bald wieder lösende Trennungsfläche nicht die ursprünglich erste und einzige war. Doch diese Vorgänge scheinen so weit zurückzuliegen, dass sie nicht einmal in abnormen Fällen wiederkehren, vielmehr begegnen wir hier nur Missbildungen ganz entgegengesetzter Art, völlig freier Zellbildung, also gleichsam noch fortgeschrittneren Zuständen, welche, wie schon erwähnt, bei durch Vacuolen gehemmter Entwicklung vornehmlich auftreten und somit in die Categorie der Anpassungserscheinungen eher gehören. Einmal habe ich auch beobachtet, dass sich die vier, frei im Eiinnern entstandenen Zellkerne zur Plattenbildung anschickten; ich habe diesen Fall in Fig. 26, Taf. II dargestellt.

Dass wir es in der gleichzeitigen Bildung der vier Kerne im Scheitel des Abietineeneies mit einer Verkürzung der Entwicklung zu thun haben, das lehren uns ganz besonders noch die schon erwähnten, nicht ganz seltenen Fälle, wo statt der vier Kerne gleichzeitig acht in zwei Etagen entstehen, wo also noch ein Zelltheilungsschritt mehr übersprungen wird. Diese Vorgänge im Abietineenei werfen nun aber einiges Licht auch auf die Verhältnisse bei Ephedra und bei Ginkgo und machen es wahrscheinlich, dass auch dort die reine, freie Zellbildung durch Verkürzung der Entwicklung aus der Zelltheilung hervorgegangen sei. Bei Ephedra wird dann zwar aus jeder einzelnen, freien Zelle eine besondere Embryonalanlage erzeugt, doch auch bei Pinus sehen wir alsbald die vier aus der gemein-

samen Anlage hervorgehenden Schläuche sich von einander trennen und jeden an seinem Ende sich selbständig weiter entwickeln.

Bei Ginkgo vereinigen sich hingegen die frei entstandenen Zellen wieder zu einer einzigen Embryonalanlage. Ginkgo verhält sich darin zu Ephedra, etwa wie Picea vulgaris zu Pinus, da ja bei Picea die Zellen im Eischeitel ganz wie bei Pinus entstehen und doch zusammen nur e i n e Embryonalanlage bilden.

Ich hatte den Theilungsvorgang in den Picea-Eiern aus getrennten Entwicklungszuständen abstrahiren müssen, ausserdem ihn nur an Alcohol-Material verfolgt, die erschlossenen Resultate verlangten also durchaus und zwar eine doppelte Prüfung: erstens galt es festzustellen, ob die Alcohol-Präparate auch in allen Details mit dem lebenden Material übereinstimmen; zweitens ob wirklich an lebendem Material die einzelnen Entwicklungszustände so, wie ich es zunächst nur angenommen, aufeinander folgen.

Namentlich der letzte Punkt konnte erst, und ausschliesslich nur, an lebenden Objecten sichergestellt werden; was den ersten anbetrifft, so hatte ich zu viel frische Conifereneier untersucht und zu viel erhärtete durch meine Hände gehen lassen, um an dem realen Werth der Bilder, die letztere gaben, noch wesentlich zweifeln zu können.

Um den Theilungsvorgang nun unter meinen Augen sich abwickeln zu sehen, wandte ich mich an eine Süsswasseralge und zwar eine derjenigen, die so oft schon als Material für die gleiche Untersuchung hatten dienen müssen, nämlich: an Spirogyra orthospira Naeg. Dieselbe vereinigt alle die nöthigen Eigenschaften, die für ein solches Object erwünscht scheinen. Die Zellen sind relativ gross; ihr Lumen, quer zur Längsrichtung des Fadens gemessen, beträgt circa 0,15 Mm.; in der Längsrichtung des Fadens meist doppelt so viel. Die Chlorophyllbänder sind durch annähernd gleich starke, farblose Intervallen getrennt, die einen Einblick in das Innere der Zelle gestatten. In diesem ist ein schöner, centraler, bei horizontaler Lage des Fadens spindelförmig erscheinender Zellkern auf feinen Protoplasmafäden

suspendirt (Taf. III, Fig. 27), der ausserdem ein deutliches, grosses, rundes Kernkörperchen einschliesst.

Die einzige Unvollkommenheit dieser Spirogyra liegt in der Eigenschaft: des Nachts ihre Zellen zu theilen. Ich studirte sie denn auch zunächst des Nachts. Ich benutzte als Lichtquelle die Flamme einer Moderateur-Lampe und schaltete zwischen diese und den Spiegel meines Mikroskops eine mit sehr diluirter Kupferoxydammoniaklösung erfüllte Schusterkugel ein.

Die Kupferoxydammoniaklösung macht das Licht für das Auge so angenehm, dass sich mit demselben lange Zeit ohne besondere Ermüdung arbeiten lässt, nur ist dafür zu sorgen, dass der Contrast in der Beleuchtung des Gesichtsfeldes im Mikroskop und der Umgebung kein zu grosser sei.

Ich finde den Apparat so vortheilhaft, dass ich mich desselben nunmehr auch an trüben Tagen, wenn ich bei starker Vergrösserung zu arbeiten habe, bediene.

Die Theilungen der Zellen pflegten bei der Spirogyra im letzten October (1874) zwischen 10 und 12 Uhr des Nachts zu beginnen;[1]) um diese Zeit konnte man sicher sein die jüngsten Theilungszustände vorzufinden. Oft gelang es mir dann, eine und dieselbe Zelle vom ersten Beginn der Theilung an bis zu deren Abschluss zu verfolgen. Um möglichst normale Bedingungen für die Weiterentwicklung der Zelle zu schaffen, führte ich einerseits aus einem etwas höher als den Objecttisch des Mikroskops gestellten, mit Wasser gefüllten Glase einen Baumwollenfaden bis an den Rand des Deckglases und leitete andererseits durch einen ähnlichen Faden das überschüssige Wasser ab.

Von verschiedenen, zunächst festgestellten Entwicklungszuständen legte ich Material in absoluten Alcohol ein.

Als ich mit meinen Untersuchungen schon ziemlich zu Ende

[1]) Braun (Verjüngung p. 241) fand erst dann Spirogyren in Theilung, als er die frühesten Morgenstunden zur Beobachtung wählte und zuletzt noch das Mittel ergriff, Exemplare vor Sonnenaufgang in Weingeist zu legen. Auch Sachs Lehrbuch IV. Aufl. p. 17 legte nach Mitternacht kräftig vegetirende Fäden der Spirogyra longata in sehr verdünnten Alcohol und konnte sie so in Theilungszuständen fixiren. Pringsheim (Pflanzenzelle p. 78) scheint hingegen auch bei Tage Theilungen beobachtet zu haben.

war, gelang es mir durch ein sehr einfaches Verfahren die Theilungen auf den Tag zu verlegen. Ich stellte nämlich des Abends, einige Stunden nach Sonnenuntergang, die Gläser in ein ungeheiztes Zimmer. Es war Anfang November und die Nächte ziemlich kalt, die Temperatur des Zimmers schwankte in den aufeinanderfolgenden Nächten zwischen + 8° C. und + 2° C. In solchen Nächten nun, in denen die Temperatur unter + 5° C. sank, wurden die Theilungsvorgänge sistirt, traten dann aber am nächsten Morgen im erwärmten Zimmer auch bei hellster Beleuchtung, selbst im directen Sonnenlichte ein.[1] [2])

Die Spirogyra orthospira Naeg. lässt sich in Flusswasser nicht schwer cultiviren. Ich wechselte das Wasser fast alltäglich und liess in demselben einige Stückchen braunschweiger Torf liegen. Der Torf convenirt der Pflanze so sehr, dass sie, die unverzweigte Fadenalge, aus beliebigen Zellen, welche den Torf berühren, kurze schlauchförmige Fortsätze in denselben treibt:[3]) jedenfalls ein höchst interessantes Anpassungsvermögen.

Ich gehe auch auf diese Verhältnisse hier näher ein, weil ich wünche meine Beobachtungen möglichst oft wiederholt zu sehen. Ist es doch eine so schwere Aufgabe, einen Lebensvorgang in seiner ganzen Bewegung zu schildern, und fast eine Unmöglichkeit, denselben in der Zeichnung zu fixiren. Nur die nach Alcohol-Material entworfenen Bilder konnten auch in den feinsten Details genau sein, die nach frischem Material entworfenen bitte ich hingegen nur als Skizzen zu betrachten. Das Object rückte mir je beim Zeichnen vermittels der Camera lucida stets unter dem Bleistift weg, und war auch sonst verändert,

[1]) Andere Versuche, die Theilungen der Spirogyra orthospira auf den Tag zu verlegen, schlugen mir fehl, so die von Famintzin (Mel. Biolog. tirés du Bull. d. l'Ac. Imp. d. Sc. d. St. Petersb. Tome VI p. 277 u. ff. 1867 und Jahrb. f. Wiss. Bot. VI. 1867 und Mel. Biol. etc. Tome IX p. 131 u. ff. 1873) angegebene Methode continuirlicher Beleuchtung. Das Licht, das ich anwenden konnte, war jedenfalls nicht intensiv genug, da mir die entsprechenden Condensatoren fehlten.

[2]) Diess vielleicht auch die Ursache, dass Pringsheim die Theilungen bei Tage gesehen.

[3]) Dieser Ausstülpungen älterer Zellen erwähnt schon de Bary (Conjugaten p. 8).

ehe ich auch nur annähernd die Zeichnung ausführen konnte. Daher erlaube ich mir auch auf das lebende Material zu verweisen, das ja fast überall zu haben und nach der oben angeführten Methode auch bequem am Tage in Theilung zu verfolgen ist.

Der ganze Theilungsvorgang dauert, je nach Umständen 3—6 Stunden. Er zeigt sich damit an, dass der in wagrechter Lage des Fadens spindelförmig erscheinende Zellkern (Taf. III, Fig. 1) breiter zu werden beginnt[1]) (Fig. 2). Dabei wird die dünne Lage körnigen Protoplasmas, die ihn umgiebt, in grosse Aufregung versetzt. Die Körnchen innerhalb derselben bewegen sich hin und und her, und dieses Protoplasma selbst hat Neigung, sich in kurze Fäden senkrecht zu den beiden Kernflächen umzuwandeln (Taf. III, Fig. 2).

So sehen dann die beiden Seiten des breiter werdenden Kerns wie gefranst aus. Auch an den Fäden, die den Kern tragen, wandern Körnchen hin und her und mögen wohl auch zur Speisung der Körnchenschicht um den Kern beitragen. Dieser wird inzwischen immer breiter, bleibt aber glashell durchschei-

---

[1]) Ueber das Verhalten des Zellkerns der Spirogyren bei der Theilung ist bisher im Allgemeinen nur bekannt, dass an Stelle desselben bald zwei vorhanden sind. Braun (Verj. p. 258) lässt es unentschieden, ob eine Theilung des Zellkerns vor sich geht, oder eine Auflösung. Er hält letztere für wahrscheinlicher, weil die beiden neuen Zellkerne von einer gemeinsamen reichlichen Schleimhülle, wie sie vorher nicht vorhanden war, umgeben sind. Pringsheim (Pflanzenzelle p. 32) erwähnt nur, dass in den Theilungszellen, an Stelle des einen Cytoblasten, zwei neue sich finden, welche bei Beginn der Theilung unmittelbar an der Theilungsebene liegen (III, 1). Ebenso Schacht (Lehrbuch Bd. I p. 77) und ähnlich auch Naegeli (Pflanzenphysiol. Unters. Heft I p. 43). Hartig (Bot. Zeitung 1855 Sp. 411) gibt an: »da wo zwei Tochterzellen (von Spirogyra crassa) aus einer Mutterzelle durch Abschnürung entstehen, wird er (der Zellkern) in diese hineingezogen und in zwei gleiche Hälften gespalten.« Hofmeister (Lehre von der Pflanzenzelle p. 83) bemerkt nur an einer Stelle, dass man bei Spirogyra erst dann zwei secundäre Kerne dicht aneinanderliegend, an der Stelle des primären bemerkt, wenn die Bildung der ringförmigen Anlage der die zwei neuen Primordialzellen trennenden Scheidewand bereits begonnen hat. Sachs (Lehrbuch IV. Aufl. p. 17) endlich: erst bei beginnender Einfaltung, die im Umkreis des centralen Zellkerns stattfindet, bemerkt man in dem centralen Protoplasmaklumpen zwei Zellkerne.

nend. Auch sein Kernkörperchen ist vergrössert, aber meist noch deutlich sichtbar; es ist dichter als die übrige Kernmasse und widersteht noch längere Zeit der Auflösung (Taf. III, Fig. 2, 3, 13).

Etwa eine halbe Stunde nachdem die erste Spur der Verbreiterung am Kern sichtbar geworden, zeigt die innere glashelle Kernmasse das Vierfache ihres ursprünglichen Durchmessers. Das Kernkörperchen pflegt um diese Zeit in der Kernmasse völlig aufzugehen (Taf. III, Fig. 4, 5). Auch die Körnchen an der Peripherie der Kernmasse haben wieder abgenommen, die Kernmasse hat im optischen Durchschnitt annähernd rechteckige Gestalt; an den vier Ecken geht sie in die Suspensionsfäden über, die bei Vergrösserung des Kernes an dem Wandprotoplasma so weit hingeglitten sind, dass sie jetzt ziemlich in Richtung der Diagonalen den rechteckigen Kern verlassen. Häufig kommen zu den Suspensionsfäden der vier Ecken, auch noch solche aus der Mitte der mit den Seitenwänden der Zelle gleichlaufenden Fläche hinzu, so wie es dann etwa die Fig. 2 oder 13 zeigt. Nach Auflösung des Kernkörperchens (Fig. 5) ist ein Gleichgewichtszustand eingetreten, der sofort aber wieder gestört wird. Plötzlich sieht man jetzt nämlich die Kernmasse sich von den beiden Seitenflächen aus, nach der Mittelebene zu, fadenförmig differenciren. Gleichzeitig verdichtet sie sich in der Mittelebene zu einer stärker lichtbrechenden Platte (Taf. III, Fig. 6). An frischen Objecten ist diess nur schwer zu sehen und wäre mir zunächst auch wohl entgangen, hätten mir nicht gleichzeitig Alcohol-Präparate zur Verfügung gestanden.

Wie ich schon früher erwähnte, habe ich nämlich darnach getrachtet, alle Theilungzustände, wie sie mir zur Beobachtung kamen, auch mit absolutem Alcohol zu fixiren. Ich bewahre von so fixirten Zuständen die schönsten Präparate auf.[1])

[1]) Die Präparate halten sich sehr gut in reinem Glycerin, nur muss dasselbe sehr langsam zur Einwirkung kommen. Im entgegengesetzten Falle dringt in der gleichen Zeiteinheit mehr Alcohol aus der Zelle heraus, als Glycerin in dieselbe hinein und die Zelle fällt bandartig zusammen. Ich pflege nun, um letzteres zu vermeiden, einige Tropfen Glycerin mit einer grösseren Quantität Alcohol zu mischen, die Präparate in diese

Leider sind von vielen auf solche Weise behandelten Objecten stets nur die allerwenigsten zu brauchen, weil in allen Fällen die Zellkerne der mit Alcohol behandelten Präparate nicht ihre natürliche Lage beibehalten, vielmehr an eine beliebige Stelle der Wand der Zelle gezogen werden. Letztere Erscheinung dürfte wohl dadurch zu erklären sein, dass der absolute Alcohol nie ganz unmittelbar, vielmehr im ersten Augenblick stets in schon deluirter Form auf die von so vieler Zellflüssigkeit umgebnen Fäden einwirken dürfte. Diese Fäden, sowie alle sonstigen in die Zellflüssigkeit hineinragenden feinsten Fortsätze des Protoplasmas, werden daher, so wie es unter der Einwirkung stark verdünnten Alcohols auch sonst zu geschehen pflegt, in den protoplasmatischen Körper eingezogen. Die Kernmasse erscheint in Folge dessen an meinen Spirogyra-Präparaten mit glatter Oberfläche, in ihren innern Verhältnissen dahingegen, ebenso wie das Wandprotoplasma, vortrefflich erhalten. Letzteres tritt an keiner Stelle von der Zellwand zurück, es behält im absoluten oder doch sehr starken Alcohol seine durchaus reine ursprüngliche Lage, ja erst im Alcohol unter 65 ° schrumpft es zusammen.

Die transversale Streifung und die mediane, zu ihr senkrechte Platte sind an Alcohol-Präparaten sehr schön zu sehen (Fig. 6). Die Streifen lassen sich leicht als in einer fadenförmigen Structur des Protoplasmas begründet erkennen. Sie erinnern uns wiederum an die Streifung, die wir in den Kernen der Abietineen beobachtet haben. Die mittlere Platte, die im frischen Zustande keine weitere Structur erkennen lässt, setzt, wie Alcohol-Präparate zeigen, die Streifung in gleicher Richtung fort, nur sind hier die Streifen viel dicker und stellen kurze, gleichsam aus der seitlichen Verschmelzung vieler Fäden hervorgegangene Stäbchen dar, die durch gleich starke Zwischenräume von einander getrennt werden (Fig. 6 und 7). Die Platte, die sie bilden, färbt sich mit Jod gelbbraun, wegen ihrer Dichtigkeit etwas dunkler als das seitlich anstossende feingestreifte Protoplasma. Wir erkennen in dieser mittleren Platte unsere frühere

Mischung hineinzulegen und den Alcohol sich langsam an der Luft verflüchtigen zu lassen, so dass schliesslich nur das Glycerin zurückbleibt.

Kernplatte aus den Kernen der Abietineen. Sie ist, wie aus der Gestalt der ganzen Kernmasse folgt, von der Fläche aus gesehen (was in Folge zufälliger Drehung im Alcohol hin und wieder möglich wird) annähernd scheibenförmig und reicht mit ihrem Rande fast bis an die Peripherie der Kernmasse. Sie durchsetzt den feingestreiften Theil, und beide werden von einem annähernd cylindrischen Mantel feinkörnigen, ungestreiften Protoplasmas umgeben (Fig. 6 und 7). Diese feinkörnige Schicht geht an ihren Rändern in die Suspensionsfäden über (Fig. 6 und 7); die beiden Endflächen der Kernmasse lässt sie auf diesem Entwicklungszustande noch frei, so dass die innern Fäden hier direct die Peripherie der Kernmasse erreichen. Ihre gesammten Ansatzstellen müssen wiederum einen, von der Fläche gesehen, kreisförmig umschriebenen Raum einnehmen. Sie erscheinen in letzterer Lage als feine Punktirung. Bei natürlicher Lage des Präparats zeigt die ganze Kernmasse eine annähernd quadratische Gestalt mit etwas concaven Seiten, was letzteres durch die Verlängerung der ungestreiften Protoplasmamasse in die Suspensionsfäden bedingt wird (Fig. 6 und 7).

Gleichzeitig mit der oben geschilderten Differencirung der Streifen und der Platte, oder kurz zuvor, beginnen auch an der Wand der Zelle sich die ersten Spuren der Theilung zu zeigen (Fig. 7). Es tritt das durchschnittlich etwa 45 Minuten nach der ersten Regung des Zellkerns ein.

Auch an sich nicht eben theilenden Zellen kann man kleine dunkel contourirte Körner in unregelmässiger Bewegung an den Rändern der Chlorophyllbänder und auch ausserhalb derselben, an der Hautschicht des Wandprotoplasmas, sehen. Bei eingehender Untersuchung bemerkt man zahlreiche, zarte Ströme feinkörnigen Protoplasmas, die in breiteren oder schmäleren Bahnen sich hauptsächlich zwischen, aber auch ausserhalb der Chlorophyllbänder bewegen. Von diesen Strömen werden auch die grösseren Körnchen geführt; da letztere aber fast zu schwer für dieselben sind, so bleiben sie alle Augenblicke stehen, um gleich darauf wieder ruckweise fortzuschreiten; daher ihre unregelmässige Bewegung. Häufig sieht man, vom Rande eines Chlorophyllbandes

aus, ein stärkeres neues Pseudopodium hervortreten; zahlreiche Körnchen wandern auf dasselbe; es schwillt an seiner Spitze an und bewegt sich gleichsam tastend nach allen Seiten, bis es mit einem andern Strome verschmolzen ist oder an das benachbarte Band sich anlegt. Gelingt diess nicht bald, so kann das Pseudopodium auch wieder eingezogen werden. Die dunkelcontourirten Körner, die mit den Strömen wandern, sind, wie sich mikrochemisch nachweisen lässt, Stärkekörner, und sie werden für den Vegetationsprocess der Zelle verbraucht. Sie entstehen direct in der Substanz der grünen Bänder, während die grossen Stärkekörner in den Chlorophyllkörnern[1]) liegen. Am Tage sind die kleinen Körner sehr zahlreich in den Bändern vertreten, des Nachts schwinden sie aus denselben, sie sind es, die zunächst zum Verbrauch kommen, wobei sie, wie schon geschildert, meist ihren Ort verlassen. Die grossen Stärkekörner werden innerhalb der Chlorophyllkörner selbst gelöst und bleiben, schon ihrer Grösse wegen, viel länger erhalten. Dabei ist nicht ausgeschlossen, dass die aus ihnen hervorgehende Lösung nicht erst wieder in Gestalt kleiner, den vorerwähnten gleicher Körnchen niedergeschlagen werde, ehe sie zur Verwendung kommt. Ich berühre diese Möglichkeit nur, weil häufig solche kleine Stärkekörnchen der Peripherie der Chlorophyllkörner anliegen.

Noch zahlreicher nun, als in den sich nicht eben theilenden Zellen, kann man die Stärkekörnchen innerhalb der in Theilung begriffenen sich bewegen sehen. In der künftigen Theilungsebene selbst, fast genau in halber Länge der Zelle, bemerkt man aber eine kaum messbare Verdickung der Hautschicht in Gestalt eines äussern zarten, ringförmigen Gurtes, der quer um die ganze Zelle läuft (Taf. III, Fig. 7). Dieser Gurt besitzt durchaus keine scharf abgegrenzte Contour, verläuft sich vielmehr unmerklich nach beiden Seiten. An Alcohol-Material sehe ich nun deutlich in diesem Gurt eine aus dunklen Punkten gebildete Linie auf-

[1]) So nenne ich mit Naegeli (Stärkekörner 1858 p. 403) die stärkeführenden Körner im Chlorophyllbande, für welche de Bary (Conjugaten p. 2) die Bezeichnung Amylonkerne wählte. Ich komme auf diese Gebilde später zurück.

treten (Fig. 7). Wir erkennen in ihr wohl die gewöhnliche Trennungslinie der Hautschicht, die hier eben nur wegen der dünnen Protoplasmalage, an der sie auftritt, schwer zu verfolgen ist.

Jetzt beginnen aber die Stärkekörnchen von allen Seiten dem Protoplasmagurte zuzueilen, freilich nicht auf dem kürzesten Wege, ja indem sie sich zeitweise sogar von ihm entfernen können.

In dem Gurte wird die Stärke jedenfalls rasch verbraucht und muss demselben daher von allen Seiten zugeführt werden.

Meist wird der Gurt überhaupt erst an der Verstärkung sichtbar, die er von der Körnerschicht des Protoplasmas aus erfährt, an den zahlreichen Körnchen, die sich in derselben ansammeln. Die Körnchen zeigen in dem so zusammengesetzten Gurte zunächst keine bestimmte Anordnung, doch schon nach kurzer Zeit sind sie in zwei durch einen hellen äusserst schmalen Streifen getrennte Reihen angeordnet (Fig. 11). Dieser schmale Streifen ist der erste Anfang der scharf, rechtwinklig an die Mutterzellwand ansetzenden Querwand.[1]) Der Streifen nimmt aber die Stelle der punktirten Linie ein und es ist oft an Alcohol-Material kaum zu verkennen, dass er zunächst etwas perlschnurförmig gekerbt erscheint.

Jetzt sind annähernd schon $^5/_4$ Stunden vom Anfang der Theilung verflossen. An der beginnenden Querwand sammelt sich noch mehr feinkörnigen Protoplasmas und kleiner Stärkekörner an. Die Membran dringt, an ihrer innern Kante wachsend, immer tiefer in das Lumen der Zelle ein; vor dieser innern Kante wandert aber das angesammelte Protoplasma in Gestalt eines dunklen Ringes, der meist noch bedeutend an Masse zugenommen und im optischen Durchschnitt als ein dunkler Knäul erscheint[2]) (Taf. III, Fig. 20—25; Taf. IV, Fig. 29 u. 30). Die

[1]) Sachs (Lehrbuch IV. Aufl. p. 17) schildert für Spirogyra longata solche Fälle, in denen die Einfaltung des Primordialschlauches weit vorgeschritten war, ja bis zur völligen Trennung in zwei Säcke, bevor sich die Zellstoffscheidewand zu bilden begann. Sachs beobachtete diess an Material, das er Nachts in verdünnten Alcohol gelegt hatte; mir ist bei Spirogyra orthospira dergleichen nie vorgekommen.

[2]) Derselbe war bisher unerwähnt geblieben.

Stärkekörnchen bewegen sich noch ununterbrochen demselben zu. Die Chlorophyllschicht wird von der vordringenden Scheidewand, respective dem derselben voraneilenden Protoplasmaringe, mechanisch eingefaltet,[1]) daher der helle, im optischen Durchschnitte bald dreieckig erscheinende Raum, der von der jungen Membran durchsetzt wird[2]) (Taf. III, Fig. 18 u. 20—27; Taf. IV, Fig. 28—33). Die Hautschicht verbleibt an der Mutterzellwand und liegt der jungen Querwand dicht an, auch in dem Winkel, den Mutterzellwand und Querwand mit einander bilden. Man kann diess schon aus dem Umstande erkennen, dass die Stärkekörnchen an der Hautschicht entlang, scharf zu beiden Seiten, auch in den Winkeln hinwandern, den beide Membranen mit einander bilden; ausserdem aber sehr leicht bei Anwendung wasserentziehender Mittel auf frische Präparate, wobei man die Hautschicht von den besagten Stellen zurücktreten sieht.[3]) Hierbei kann man sich überzeugen, dass der helle Raum zwischen Hautschicht und Chlorophyllbändern dünnflüssigen Inhalt führt, denn die Hautschicht zieht sich nun ohne Hinderniss auf die Chlorophyllbänder zurück. Nur in ganz seltenen Fällen ist der protoplasmatische Ring so stark entwickelt, dass er den grössten Theil dieses hellen Raumes ausfüllt.

---

[1]) Ebenso Braun Verjüng. p. 260 und Naegeli Pflanzenph. Unters. H. I p. 44 u. 46.

[2]) Bei Hofmeister (Lehre von der Pflanzenzelle p. 111) heisst es (unter Bezugnahme auf v. Mohl und Pringsheim): »Diejenigen der im Allgemeinen cylindrischen Zellen, welche im Beginne der Scheidewandbildung sich befinden, zeigen ungefähr in der Mitte der Länge an einer gürtelförmigen Stelle eine leichte Einschnürung der chlorophyllführenden Schicht des Wandbeleges aus Protoplasma unterhalb der Hautschicht derselben: eine anscheinende Verdickung der Hautschicht innerhalb einer ringförmigen Zone. Anwendung wasserentziehender Mittel, welche nicht quellungserregend sind oder lösend auf neu gebildete Membranen wirken, lassen erkennen, dass diese Erscheinung auf dem Vorhandensein einer sehr schmalen, sehr dünnen, queren Ringleiste aus Zellhautstoff beruht, welche — der Innenfläche der Zellhaut rechtwinklig ansitzend — den protoplasmatischen Inhalt mit einer Ringfurche einschnürt.

[3]) Dieses bereits richtig von Braun (Verjüngung p. 259) angegeben, dann später auch von Pringsheim (Pflanzenzelle p. 31), von Naegeli (Pflanzenphys. Unters. Heft I p. 43), Schacht (Lehrbuch p. 78).

Der äussere Rand der sich bildenden Querwand setzt scharf und ohne alle Verdickung an die Seitenwand der Mutterzelle an,[1]) ihr innerer Rand scheint hingegen in den Protoplasmaknäul einzutauchen (Taf. III, Fig. 11, 18, 20—25), Ueber die Verhältnisse in jenem Knäul konnte ich mich am besten an solchen, auf jenem Entwicklungszustande befindlichen Zellen orientiren, die ich durch gelinden Druck tödtete, ohne sie jedoch zum platzen zu bringen. Da reissen die Chlorophyllbänder in Stücke die sich um ein oder mehrere Chlorophyllkörner blasenartig zusammenballen, währenddem die Hautschicht sich vor der Wand der Zelle langsam zurückzieht. Die Theilungsrinne erweitert sich und die junge Celluloseleiste wird frei. Da sieht man denn, dass diese Leiste bis auf den Grund der Rinne reicht, und dass die Rinne von einer Hautschicht ausgekleidet wird. Der Grund der Hautschichtsrinne wird aber selbst wieder rinnenartig von dem aus der Körnerschicht des Protoplasmas gebildeten Ringe umfasst. Durch den Rückzug der Chlorophyllbänder ist hier Alles ausserordentlich klar und durchsichtig geworden. Bei Einstellung auf die innere Kante der Celluloseleiste erscheinen die Stärkekörner der Körnerschicht zu den beiden Seiten der Membran angeordnet und bilden so die nämlichen zwei Reihen, die wir beim ersten Auftreten der Leiste gesehen. An unversehrten Präparaten befinden sich diese Stärkekörnchen in schwach wimmelnder Bewegung; bei längerer Beobachtung gelang es mir wiederholt einzelne derselben kleiner werden und endlich ganz schwinden zu sehen.

---

[1]) Dieses ebenfalls schon ganz richtig angegeben von Braun in seiner für damalige Zeit trefflichen Darstellung des Theilungsvorgangs bei Spirogyra (Verjüngung p. 260); später von den meisten andern Forschern bestätigt. Zu einer merkwürdigen Auffassung des ganzen Vorgangs ist hingegen ganz neuerdings Tschistiakoff gekommen (Nuovo Giornale botanico italiano Bd. V. p. 214). Es soll bei Spirogyra ein Gurt gummöser Substanz ausgeschieden werden und dessen peripherische Schicht dann erhärten, deshalb bilden sich hier zwei Membranen, die sich unter spitzem Winkel begegnen und aussehen, als seien sie gebildet von einer Falte des Primordialschlauches in einem freien Raum! (Wörtlich übersetzt.) Die anderen Erörterungen dieser Arbeit kann ich wohl übergehen.

Doch wir müssen zu dem Zellkern zurückkehren, der inzwischen auch schon weitere Veränderungen durchgemacht hat. Diejenigen, welche auf die erste Differencirung der Kernplatte folgen, sind im frischen Zustande schwer zu sehen; hat man Glück, so findet man aber auch solche Zellen, die sie ziemlich klar zeigen. Es kommt da auf die Lage der Chlorophyllbänder, aber auch auf Brechungsdifferenzen innerhalb der Kernmasse selbst, die einiger individuellen Variation unterworfen sind, an.

Doch wir wollen uns zunächst an Alcohol-Präparate wenden, an denen die hier in Frage stehenden Verhältnisse immer noch viel schärfer zu sehen sind, und die uns die Beobachtung des lebenden Objectes dann erleichtern sollen.

Zunächst erscheint uns also die Kernplatte im optischen Durchschnitt aus einer Reihe parallel übereinander liegender scharf differencirter Stäbchen gebildet (Taf. III, Fig. 7). Man sieht die Stäbchen durch entsprechend gestaltete dunkle Räume scharf getrennt. Die ganze Kernmasse hat sich auch wieder in der zur Längsaxe der Zelle parallelen Richtung etwas gestreckt, in der entgegengesetzten etwas zusammengezogen, so dass ihr Durchmesser in ersterer Richtung den in letzterer zu übertreffen beginnt. Die ganze Kernmasse nimmt alsbald Tonnengestalt an (Fig. 8), und wir wollen von jetzt an, um weitere Umschreibung zu vermeiden, in Hinblick auf die Gestalt der Tonne, ihren parallel zur Längsaxe der Zelle stehenden Durchmesser als ihren Längsdurchmesser, den zum Vorhergehenden senkrechten als Querdurchmesser, die planen Flächen rechts und links als Endflächen, die gekrümmte als Seitenfläche bezeichnen.

An den beiden Endflächen der Tonne sammelt sich nun zunächst körnchenreiches Protoplasma an; die Kernplatte wird aber etwas breiter, wobei die Stäbchen in ihrer Mitte eine schwache Einschnürung, die dunklen Zwischenräume eine dem entsprechende Erweiterung erfahren (Fig. 9). Die Kernplatte fängt hiermit an sich in zwei Hälften zu spalten.

Auf weiterem Entwicklungszustande (Fig. 10) sind die angeschwollenen Enden der Stäbchen etwas auseinandergerückt, ihr mittlerer Theil schwach gedehnt; die Tonne hat sich gleichzeitig

nicht unerheblich gestreckt. In Fig. 11 sind die beiden Plattenhälften noch weiter von einander gerückt. Die Stäbchenenden erscheinen als annähernd kubische Körner, ihr mittlerer Theil ist fadenförmig verlängert. Fig. 12 zeigt einen nächst folgenden Zustand, die Fäden zwischen beiden Platten werden immer länger; die Tonne hat sich ganz auffallend gestreckt, die Entfernung zwischen den Platten und den entsprechenden Endflächen der Tonne gegen die ursprüngliche aber nur wenig verändert. Die feinen Fäden an letzteren Orten existiren noch immer und verlieren sich jetzt in dem körnigen Protoplasma, das sich an den Endflächen der Tonne angesammelt hat.

Doch kehren wir jetzt zu dem lebenden Objecte zurück. Ich nehme den Fall an, dass wir eine ausnehmend günstige Zelle vor uns haben, die mit seltner Klarheit den Theilungsvorgang zeigt. Nach erster Differencirung der Platte scheint zuerst Ruhe in der Kernmasse zu herrschen; so verfliessen etwa 15 Minuten, nach welcher Zeit das Auseinanderweichen der beiden Plattenhälften beginnt. Diese entfernen sich so rasch von einander, dass ihre Bewegung bei starker (600facher) Vergrösserung ohne weiteres sichtbar ist. Der von den feinen Fäden durchsetzte Raum zwischen beiden Plattenhälften scheint röthlich durch, jedenfalls in Folge der geringeren Dichte[1]) des flüssigen Inhalts den er führt. Während dieser Vorgänge verlängert sich, wie wir schon wissen, die Tonne; das körnige Protoplasma an ihren beiden Endflächen erscheint aber nicht so eingezogen wie an den Alcohol-Präparaten, vielmehr strahlig ausgebreitet und in die Aufhängefäden übergehend.

Ueberhaupt befindet sich um diese Zeit die ganze Kernmasse in grosser Aufregung, man sieht sie ihre Lage im Lumen der Zelle ganz auffallend verändern; sie schwankt nicht unerheblich hin und her und neigt bald nach dieser, bald nach jener Seite. Die Tonne ist an ihren beiden Enden suspendirt. Die Suspensionsfäden gleiten, entsprechend der Verlängerung der Tonne, an

[1]) So jedenfalls anzunehmen bei den Linsensystemen von Zeiss, die in der Mittelzone untercorrigirt sind.

der Wandschicht der Zelle entlang; an einen Zug, den sie etwa auf die Endflächen der Tonne ausüben sollten, ist aber in keiner Weise zu denken; ja oft bleiben die meisten Fäden der einen oder anderen Randpartie hinter der sich streckenden Kernmasse zurück und werden von derselben gleichsam an der Wand der Zelle nachgezogen.

Während die beiden Plattenhälften im Innern auseinanderrücken, sieht man oft zahlreiche neue Pseudopodien dem körnigen Protoplasma der Endflächen entspringen; viele derselben gehen fast unter rechtem Winkel von der Endfläche ab und dringen frei in das Lumen der Zelle vor. Das ganze körnige Protoplasma nimmt hierbei fast halbsternförmige Gestalt an (Taf. III, Fig. 14). In einzelne Pseudopodien wandert dann oft so viel Protoplasma hinein, dass ihr Ende kugelförmig anschwillt (so z. B. in Fig. 18 links). Dieses Ende tastet hin und her, erreicht wohl die Wandschicht der Zelle oder legt sich an einen anderen Faden an. Erst wenn das erste rasche Auseinanderrücken im Innern vollendet ist, pflegt sich das körnige Protoplasma der Endflächen auf seiner Aussenseite etwas zu glätten und die Suspensionsfäden werden auf den Rand dieser Endflächen beschränkt (Fig. 15).

Sobald die Verlängerung der Tonne so weit gediehen, dass sie etwa um mehr als die Hälfte länger geworden, als sie es zu Beginn der Kernplattenspaltung war, sieht man die stark gestreckte Seitenwand (Mantelfläche) der Tonne, longitudinal in Fäden sich theilen (Fig. 15). Es fällt dieses mit dem Zeitpunkt zusammen, in dem die Kernhälften ihre sichtbare Bewegung einstellten. So rasch pflegt dieser ganze Vorgang sich abzuwickeln, dass ich in einem concreten Falle, von dem Augenblick der beginnenden Spaltung der Platte, bis zu dem Augenblick der Auflösung der Seitenwand der Tonne in Fäden, nur 7 Minuten verfliessen sah.

Die peripherischen Fäden der Tonne setzen, ihrem Ursprung gemäss, dicht hinter der körnigen Protoplasmaschicht ringförmig an (Fig. 15). Ihre Zahl ist nicht gross (vielleicht höchstens 15). Noch vor begonnener Spaltung der Seitenwandung wird meist in

der Aequatorialebene der Tonne eine kleine Körnchenanhäufung sichtbar (Taf. III, Fig. 14, 18); sie geht der bald folgenden Auflösung der innern Kernfäden voraus. Diese Fäden werden in die aequatoriale Körnchenanhäufung eingezogen (Taf. III, Fig. 18, 19).

Jetzt stellt die tonnenförmige Kernmasse einen hohlen Körper mit durchbrochener Seitenwandung dar.

Gleichzeitig mit der Einziehung der innern Fäden beginnt eine Verschmelzung der Plattenkörner zu je einer soliden Scheibe, diese verschmilzt gleichzeitig auch auf der entgegengesetzten Seite mit dem gestreiften Inhalte, der sie von dem körnigen Protoplasma der Endfläche trennte; daher wird sie auch diesem körnigen Protoplasma alsbald bis zur Berührung genähert (Fig. 15 u. 16, 19 u. 20).

Zu gleicher Zeit, da die Wand der Tonne sich gespalten, wurde das Auseinanderrücken der Kernhälften so langsam, dass es sich nicht mehr, selbst bei stärkster Vergrösserung, direct wahrnehmen liess.

In der Tonne folgen jetzt aber beiderseits, von der Endfläche aus, aufeinander (Fig. 17 oder 20): die körnige Protoplasmaschicht, die an ihren Rändern in die Suspensionsfäden übergeht, die homogene Kernscheibe und der innere Hohlraum. Die Fäden der Wand setzen nunmehr aber im Umkreise, zwischen dem körnigen Protoplasma und der Kernscheibe an, und ihre Ansatzstellen erscheinen hier als eben so viele Knoten (Fig. 17).

Die Kernscheiben fahren aber entweder immer noch fort langsam auseinanderzuweichen, wobei die Tonne stets länger wird ohne in die Quere irgend wie auffallend zu wachsen (Fig. 18—21), oder die Kernscheiben behalten zunächst ihre gegenseitige Entfernung fast völlig bei, und die Tonne schwillt nun in die Quere (Fig. 15—17). Das Erstere erfolgt hauptsächlich bei sehr langer Mutterzelle, in der die neuen Zellkerne noch einen langen Weg zurückzulegen haben, um die Mitte ihrer respectiven Zellen zu erreichen; das Letztere hauptsächlich in kürzeren Mutterzellen. Ob aber früher oder später, schwillt die Tonne doch schliesslich in der gleichen Weise an (Fig. 17. 23). Die, ihre Seitenwandung

bildenden, übrigens, wie schon gesagt, nicht zahlreichen Fäden werden nach aussen immer convexer, wobei sie sich auch seitlich immer mehr von einander entfernen[1]) (Fig. 17. 23). Dieses Auseinanderweichen beginnt etwa 7/4 Stunden nach eingeleiteter Theilung; die junge Querwand der Zelle ist zu gleicher Zeit, etwa um 1/4 des Halbmessers, in das Innere der Zelle eingedrungen.

Die im Aequator der Kernfäden entstandene Körnchenansammlung kann, wo sie überhaupt längere Zeit sichtbar ist, zwischen den Fäden der Wand in ihrer natürlichen Lage zunächst erhalten bleiben (Fig. 20), später bei beginnender Erweiterung der Tonne aber auf die Wandfäden herübergenommen werden, wo sie sich dann, für alle Fälle, definitiv vertheilen muss (Fig. 21, 22, 23). Bei weiterem Aneinanderrücken erreichen die Fäden bald die eingefaltete Chlorophyllschicht des Wandprotoplasmas und verschmelzen mit ihr. Bei ganz medianer Lage der Tonne wird die Falte fast gleichzeitig im ganzen Umfange von den Fäden erreicht (Fig. 24. 25); bei excentrischer Lage der Tonne zunächst einseitig. Letzterer Fall ist der seltenere. Die Berührung von Fäden und Falte erfolgt etwa zwei Stunden nach Beginn der Theilung.

Um die gleiche Zeit haben aber auch schon wichtige, uns noch unbekannte Veränderungen in den beiden Kernanlagen stattgefunden.

Wir verliessen sie als homogene, stark lichtbrechende Scheiben (Fig. 14, 15, 18). Bald schwellen beide Scheiben bauchförmig nach dem Innern der Tonne zu an (Fig. 16, 17, 19, 21). Sie bleiben hierbei ganz homogen, doch schon wenige Minuten später sieht man in der annähernden Medianebene jeder Scheibe mehrere stärker lichtbrechende Kugeln auftreten.[2]) Der normalste Fall schien mir der zu sein, wo vier solcher Kugeln symmetrisch vertheilt sich zeigten (Fig. 22 rechts, doch nur drei

[1]) Dieser Zustand schon wiederholt früher geschildert und abgebildet.

[2]) Einen Fall habe ich beobachtet, in dem die Theilung so rasch vor sich ging, dass der genannte Zustand schon nach einer Stunde, statt wie gewöhnlich nach fast zweien, erreicht war.

gleichzeitig sichtbar; ebenso Fig. 25 links). In anderen Fällen habe ich auch drei oder zwei auftreten sehen (Fig. 22 links, 25 rechts); kaum je mit Sicherheit nur eine. Von den so angelegten Kugeln schwinden aber jederzeit alle bis auf eine, welche zusehends wächst, während die andern kleiner werden (Fig. 22—24). Die wachsende rückt in die Mitte, die schwindenden hingegen lösen sich, ihre ursprüngliche Stellung beibehaltend auf (Taf. III, Fig. 23 u. 24).

Gleichzeitig mit dem Schwinden der überzähligen und der Bevorzugung der einen Kugel ist die Kernanlage noch weiter bauchig angeschwollen. So mag denn auch die Bevorzugung der einen, central werdenden Kugel mit dieser Gestaltsveränderung zusammenhängen.

Die zunächst planconvexe Anlage beginnt nun biconvex zu werden, indem sie auch auf ihrer Aussenseite schwillt (Fig. 26) und so ihrer definitiven Gestalt sich nähert. Beide Anlagen brauchen sich nur noch etwas zu dehnen, die körnige Protoplasmalage von deren Aussenseite sich über ihre ganze Oberfläche zu vertheilen und wir haben zwei Kerne vor uns, ganz so wie derjenige war, der den Ausgangspunkt unserer Untersuchung bildete (Taf. III, Fig. 27).

Aus dem ursprünglichen Mutterzellkern sind also zwei neue Kerne entstanden, welche je einer Hälfte desselben entsprechen. Der Mutterzellkern nahm hierbei zunächst durch Wachsthum, wie es schien ein Wachsthum durch Intussusception, an Grösse zu, wurde ganz homogen und zerfiel hierauf, in der beschriebenen Weise, in seine beiden, sich trennenden Hälften, die anfangs auch einen homogenen Zustand durchzumachen hatten und mit Aussonderung der Kernkörperchen im Innern, ihre Entwicklung abschlossen.

Inzwischen ist aber auch die junge Querwand, und vor ihr die Chlorophyllfalte, in das Innere der Zelle immer tiefer eingedrungen. Der feinkörnige, stärkeführende Protoplasmaring liegt immer noch auf der Aussenseite der Chlorophyllschicht und die junge Membran verliert sich mit ihrem schwach verdünnten Rande in demselben. Der Ring hat bedeutend an Masse zugenommen und erscheint im optischen

Durchschnitt als starker, dunkler Knäul (Fig. 20, 24 u. 25). Die zwischen den jungen Kernen bogenförmig verlaufenden Fäden werden von der vordringenden Falte, ohne gebrochen zu werden, in ihrer ganzen Ausdehnung der Mitte der Zelle wieder genähert und somit aneinandergerückt (Fig. 26). Auf dem Zustande der Fig. 26 werden endlich die Chlorophyllbänder durchschnitten.[1]) Sofort beginnen sie sich, wenn auch nur langsam, in die von der Querwand und der Mutterzellwand gebildeten Winkel zurückzuziehen (Fig. 26 u. 27); gleichzeitig auch verschmilzt der körnige Protoplasmaring zu einer vollständigen, körnigen Platte (Fig. 26). In dieser Platte bildet sich jetzt rasch das noch fehlende Stück der Querwand aus. Ich fand diese Platte hier immer rein central und schliesse daraus, dass auch die Oeffnung in der Querwand die gleiche Lage hatte; Naegeli fand sie bei derselben Species auch excentrisch, ebenso bei Spirogyra quinina, an der die Excentricität der Oeffnung der Stelle entsprach, wo das eine Chlorophyllband verdrängt werden musste.[2])

Die Ursprungsstellen der Kernfäden sind aber auf die Innenseite der, jetzt schon mit gleichmässiger Protoplasmaschicht überzogenen, Kerne gerückt (Fig. 26 u. 27) und die Fäden selbst, mehr oder weniger zu einem Strang verschmolzen. Das nach vollendeter Theilung zurückgebliebene, nun überflüssige körnige Protoplasma wandert aber auf diesen Strängen beiderseits zu den Kernen ab (Fig. 26). In manchen Fällen bleibt auch ein Theil dieses Protoplasmas an der Querwand erhalten und ist dann längere Zeit noch an derselben zu sehen.[3])

Hiermit ist die Theilung vollendet; die beiden neuen Kerne stehen aber immer noch nicht in der Mitte ihrer respectiven Zellen, vielmehr bis auf $^1/_3$ der Zelllänge der neuen Querwand

---

[1]) Vergl. auch Braun l. c. p. 260.

[2]) l. c. p. 44.

[3]) Die farblosen Protoplasmamassen, die Naegeli in Gestaltveränderung an den Scheidewänden von Spirogyra alpina beobachtet hat, dürften wohl ähnlichen Ursprungs gewesen sein. (Naegeli und Cramer Pflanzenphysiologische Untersuchungen Heft I, p. 44 u. 45.)

genähert (Fig. 27). Nur langsam nehmen sie ihre endgiltige Stellung ein.[1])

Alle die Vorgänge, nach Auflösung der Wand der tonnenförmigen Kernmassen in Fäden, lassen sich nur an frischem Material beobachten, sind übrigens so leicht zu verfolgen, dass sie gar nicht weiterer Präparation bedürfen. Im Alcohol werden, wie schon erwähnt, die hier von zu vielem Zellsaft umgebenen Protoplasmafäden nicht fixirt und die beiden Kernanlagen von einander getrennt, sobald sie nur noch durch Fäden zusammenhängen.

Wie aus dieser Schilderung folgt, sind bei Spirogyra orthospira die Theilungen des Zellkerns und des Wandprotoplasmas von einander ziemlich getrennte Vorgänge. Trotzdem erfolgt aber nie eine Theilung des Wandprotoplasmas, ohne dass der Zellkern die Theilungsthätigkeit eingeleitet hätte; unter den vielen Tausenden von Zellen, die ich durchmusterte, ist mir auch nicht ein solcher Fall vorgekommen; ein einziger Fall hingegen, in dem umgekehrt die Theilung des Zellkerns ganz normal erfolgte, die Theilung der Wand aber bis auf jede Spur ausblieb. Dieser Fall war um so interessanter, als die beiden Zellkerne, trotz der fehlenden Trennungswand, eine durchaus normale Lage eingenommen hatten: ihre gegenseitige Entfernung war doppelt so gross als ihre Entfernung von den nächstfolgenden Querwänden.[2])

---

[1]) Vergl. auch Braun l. c. p. 260.

[2]) Aehnliches hat schon Naegeli (Pflanzenphys. Unters. Heft I p. 43) bei derselben Species beobachtet, auch de Bary (Conjugaten p. 2) will wiederholt zwei Kerne in der eben geschilderten Lage in Zellen von Spirogyra longata Kg. gesehen haben, ja zweimal sogar deren drei. Das eine Mal standen alle drei genau in der Mittellinie der Zelle, einer im Centrum, die andern in gleichen Abständen rechts und links; in dem anderen Fall lagen sie unsymmetrisch, nahe der Seitenwand. Pringsheim Flora 1852 und Jahrb. f. Wiss. Bot. Bd. II Anm. p. 230 hat sogar in einer jungen aus der Copulationsspore hervortretenden Pflanze von Spirogyra jugalis 5 Zellkerne regelmässig angeordnet angetroffen. Die Pflanze zeigte auch, mit andern jungen Spirogyren verglichen, die Länge fünfzelligen Entwicklungszustandes, hatte doch aber nur ein einziges Lumen aufzuweisen.

Die Seitenwände der Zellen von Spirogyra orthospira (vergl. Taf. III, Fig. 24, 26, 27 etc.) zeigen zunächst nach aussen die starke, schon von Braun[1]) und Naegeli[2]) beschriebene Schleimschicht. Dieselbe hatte an meinen Exemplaren, übereinstimmend mit den ältern Angaben, eine Stärke von durchschnittlich 0,0066 Mm. Schon an frischen Objecten waren theilweise in radialer Richtung verlaufende Streifen (Taf. IV, Fig. 34) in der Schleimschicht zu erkennen. Dieselben treten, was ebenfalls Braun und Naegeli schon betonten, deutlicher bei Anwendung von Jodlösung hervor. Sie erscheinen dann als bräunliche Stäbchen, welche an einzelnen Orten dicht neben einander, an andern nur spärlicher sichtbar, an der innern Grenze der Schleimschicht beginnen und dieselbe bis auf etwa $^2/_3$ ihrer Dicke durchsetzen. In Aetzkali pflegt die Schleimschicht alsbald unkenntlich zu werden; nur an einem Faden, unter den vielen, die ich beobachtet hatte, war unter dem Einfluss der Kalilauge die Schleimschicht scharf hervorgetreten und zeigte deutlich in ihrer ganzen Dicke eine Zusammensetzung aus dicht gedrängten, radial gestellten Stäbchen. Sie erinnerte an die Structur einiger Wachsüberzüge wie sie de Bary[3]) für das Blatt von Heliconia farinosa und Sterlitzia ovata Ait., so wie für den Stengel von Saccharum officinarium abgebildet hat. Diese Stäbchenschicht war über älteren Querwänden etwas schwächer entwickelt, liess sich an einigen 40 Zellen des Fadens verfolgen und wurde dann weiter völlig unsichtbar. Wir hatten es hier jedenfalls mit einer individuellen Varietät, einer abnormen Entwicklung jener Schleimschicht zu thun. Wenn man auf in Wasser befindliche Fäden langsam absoluten Alcohol einwirken lässt, so schrumpft die Schleimschicht bis auf eine dünne Haut zusammen. Die Stäbchen treten hierbei oft deutlich hervor und werden kürzer und dicker. Fügt man Wasser hinzu, so schwillt die Schicht wieder zu ihrem ursprünglichen Volumen an.

Unter der Schleimschicht finde ich zunächst eine ganz dünne Membranschicht von höchstens 0,00066 Mm. Dieselbe ist nur bei rein

[1]) l. c. p. 261.
[2]) l. c. p. 43.
[3]) Bot. Zeitung 1871 Sp. 145 u. ff.

medianer Durchschnittsansicht der Zelle und nur mit den stärksten Systemen sichtbar zu machen. Ja aus ihrem scharfen Auftreten kann man sicher auf mediane Einstellung schliessen, denn sie schwindet sofort bei jeder Vor- oder Rückwärtsbewegung der Mikrometerschraube. Diese Schicht pflegt über ältern Querwänden um ein Weniges stärker als an den andern Orten zu sein; sie erscheint rosa gefärbt, doch sicher nur aus rein optischen Gründen. Dass dem so ist, konnte ich einmal an einem abgestorbenen stark desorganisirten Faden sehen, an dem sich diese Schicht von der nächst innern abgehoben hatte und nunmehr farblos erschien. Der Unterschied im Brechungsexponenten zwischen der rosa Schicht, denn so will ich sie nun der Kürze wegen nennen, und der nach innen angrenzenden ist jedenfalls sehr gross, und erscheint diese nächste Schicht aus dioptrischen Gründen auch nicht mit scharfer, schmaler, vielmehr mit relativ breiter, schwarzer Contour nach aussen gegen die rosa Schicht begrenzt. Die jetzt in Frage stehende Schicht ist überhaupt die letzte, die ich bei rein medianer Einstellung unterscheiden kann. Sie ist viel stärker, etwa doppelt so stark als die rosa Schicht und misst daher annähernd 0,0016 Mm. Sie ist stark lichtbrechend und erscheint weiss unter dem Mikroskop. Man braucht, bei medianer Einstellung, die Mikrometerschraube nur ein Wenig zu bewegen, um, wie schon erwähnt, die rosa Schicht verschwinden und dafür eine Anzahl anderer paralleler Liniensysteme, scheinbarer Schichten, auftreten zu sehen; das veranlasste auch sicher die älteren Angaben, die eine grössere Zahl von Schichten als ich sie eben angegeben, annahmen. Ich habe, das sei nun nochmals betont, die allerstärksten und besten Systeme, und 600- resp. 900malige Vergrösserung, zur Feststellung der obigen Thatsachen angewandt, dabei frische, doch auch mit Schwefelsäure, mit Chlorzinkjodlösung oder mit Aetzkali behandelte und auch mit Aetzkali gekochte Fäden untersucht, endlich auch abgestorbne Fäden, deren Zellwände, im Wasser sich macerirend, alle Zustände der Quellung zeigten. In allen Fällen waren hier an der Seitenwand nur die drei, in ihrem physikalischen Verhalten verschiedenen Schichten festzustellen; mit conc. Schwefelsäure allein

zerfiel an ganz vereinzelten Stellen die Innenschicht in zwei durch eine dunkle Linie getrennte secundäre Schichten; doch war dies Verhalten so vereinzelt, dass ich es für mehr accidental ansehen möchte.

Die junge Querwand ist zunächst in ihrer ganzen Ausdehnung gleich stark und schliesst ohne sichtbare Abgrenzung an die innere Schicht der Seitenwand an (Taf. III, Fig. 18, 20, 21, 24, 26, 27), sie zeigt auch dasselbe optische Verhalten wie diese Schicht. Eine etwas ältere Querwand läuft an ihrer Basis in eine Verdickung aus, die im optischen Durchschnitt dreieckig erscheint. Diese Verdickung zeigt im Innern einen ebenfalls dreieckig umschriebenen Raum, der übrigens kein Hohlraum ist, vielmehr von einer minder dichten Substanz als seine Umgebung gebildet wird; daher wieder die dunkle Contour um denselben. Bei solchen Querwänden, wie ich sie zunächst im Auge habe, ist die Grundlinie des innern Dreiecks kaum in die Innenschicht eingesenkt (Taf. IV, Fig. 34a). Die ganze Verdickung der Querwand liegt also noch im Lumen der Zelle; das ganze Dreieck auf der Innenseite der innern Membranschicht. Die Querwand erscheint um diese Zeit immer noch ganz einfach, und gelang es mir auch nicht durch chemische Mittel irgend welche innere Schichtenbildung in ihr hervorzurufen. Bei einer alten Querwand sehen wir hingegen eine, anders das Licht brechende, dünne Mittellamelle sich zeichnen (Taf. IV, Fig. 34b). Diese tritt besonders schön an abgestorbenen, stark desorganisirten oder mit Schwefelsäure behandelten Zellen hervor. An mit Kali behandelten Objecten ist ihr Nachweis weniger einfach, wegen der fast ausnahmslos erfolgenden Krümmungen der Querwand. Diese letzteren rufen, im Verein mit den Erweiterungen ihres Randes, so viel parallele Liniensysteme hervor, dass man sich kaum unter denselben noch zurechtfinden kann. Es ist ein Leichtes, aus den Bildern dann beliebig viel Schichten herauszuzählen und je nach Veränderung der Einstellung diesen oder jenen Bau herauszudeuten. Mit voller Bestimmtheit konnte ich mich nur von der Existenz je einer Schicht zu den beiden Seiten der Mittellamelle überzeugen, möglich jedoch, und dafür sprechen

die Schwefelsäure-Präparate, dass an besonders alten Querwänden diese innern Schichten sich verdoppeln können und sich dann beiderseits in der Innenschicht der Seitenwand vereinigen.

Bei der dickeren Spirogyra setiformis ist die Zusammensetzung der stärkeren Querwand aus 5 Schichten, wie ebenfalls Schwefelsäure-Präparate lehren, ganz durchgreifend und dasselbe behauptet Hofmeister [1]) auch für die jedenfalls der Sp. setiformis nahe verwandte Sp. Heerii. Doch wir wollen uns hier zunächst ausschliesslich nur an Spirogyra orthospira halten. Bei längerer Einwirkung concentr. Kalilauge kann die Mittellamelle alter Querwände dieser Spirogyra mehr oder weniger desorganisirt werden und dann körnig erscheinen. An ihrem Aussenrande erweitert sich die alte Querwand ziemlich stark (Taf. IV, Fig. 34 b.) Die Erweiterung erscheint immer noch im optischen Durchschnitt dreieckig; doch die beiden nach dem Innern der Zellen gerichteten Schenkel des Dreiecks sind nach innen etwas convex geworden. Das äussere Dreieck umschliesst ein ihm ähnliches, entsprechend kleineres; letzteres wird von etwas schwächer lichtbrechender Substanz erfüllt und grenzt, bei der ganz alten Scheidewand, die wir jetzt im Auge haben, mit seiner Grundlinie an die äussere dunkle Contour der innern Membranschicht (Fig. 34 b). Auf diesem Zustande ist überhaupt die Grundlinie des innern Dreiecks nur schwer oder gar nicht mehr zu erkennen, sie fällt dann eben mit der dunklen Contour zusammen. Dass dieser relativ grosse dreieckige Raum (Fig. 34 b) aus dem kleinen entstanden, den wir in Fig. 34 a sehen, dafür zeugen alle die leicht aufzufindenden Mittelstufen zwischen diesen beiden Extremen (Fig. 27, die Scheidewand rechts). Man sieht hierbei, wie sich das innere Dreieck vergrössert und in dem Masse sich mit seiner Grundlinie der Peripherie der innern Verdickungsschicht nähert. Dabei werden die beiden, an die Grundlinie grenzenden Winkel des Dreiecks seitlich ausgezogen und schneiden beiderseits in die Verdickungsschicht trennend ein; immer aber ist der Raum ihrer Ausdehnung nur ein sehr beschränkter und setzt sich keinesfalls

[1]) Lehre von der Pflanzenzelle p. 190.

etwa in einer Trennungslinie innerhalb der innern Wandschicht fort[1]) (Fig. 27). Die auf die Querwand übergehende Verdickungsschicht ist nur um so viel von der ganzen innern Wandschicht dünner, als der Streifen misst, der die Grundlinie des innern Dreiecks von der Peripherie der innern Wandschicht trennt. Ist letztre mit der dunklen Contour zusammengefallen, so sind die beiderseitigen Verdickungsschichten der Querwand eben so stark, als die innere Wandschicht; von jetzt ab können sie auch noch stärker werden. Die Mittellamelle älterer Querwände ist cuticularisirt; die Cuticularisirung setzt sich auch auf die Wände des innern Dreiecks fort. Bei besonders alten Querwänden springt sie auch, an die Mittellamelle ansetzend, zapfenartig in das Innere des Dreiecks ein, dasselbe mehr oder weniger tief halbirend (Taf. IV, Fig. 34 b).

Diese eingehende Beschreibung des Baues der Seitenwand und der Querwände war für das Verständniss des nun Folgenden nöthig.

Die junge Querwand wird zunächst gleich dick, etwa 0,0009 Mm., in ihrer ganzen Ausdehnung angelegt (Taf. III, Fig. 26 und Fig. 27 die Scheidewand links), sie setzt auch, wie schon bekannt, in gleicher Stärke an die innere Seitenwandschicht an. Zwischen beiden ist keine Grenze vorhanden und auch durch keinerlei chemische Mittel sichtbar zu machen. Wie die Entwicklungsgeschichte zeigt, wird eben der Membranstoff an der Innenfläche der Seitenwand abgesetzt und verschmilzt mit ihr eben so vollständig wie die am innern Rande, der in Bildung begriffenen Querwand, neu hinzugekommenen Theile mit den schon fertigen derselben. Die Seitenwände der Zelle zeigen aber während der Bildung der Querwand keinerlei messbare Dickenzunahme.[2])

---

[1]) Diess Alles viel deutlicher bei Ulothrix, von der weiter die Rede sein soll.

[2]) Bei Hofmeister (Pflanzenzelle p. 153) heisst es: »Bei vielen grosszelligen Fadenalgen, wie Cladophora *Spirogyra* überzeugt man sich leicht, dass gleichzeitig mit dem Auftreten der zwei sich sondernde Primordialzellen trennenden Scheidewand auch die obere und die untere Querwand und die freien Seitenwände der in Theilung begriffenen Zelle eine merkliche Verdickung erfahren; ein Vorgang, welcher, für sich allein betrachtet,

Diese wird erst nach erfolgter Theilung und zwar vornehmlich erst an der Verdickung der Querwand selbst sichtbar. Die Erweiterung am Rande der Querwand wird aber, wie ich aus allen begleitenden Erscheinungen schliessen muss, erst merklich, wenn die Dehnung der Seitenwand der Zelle innerhalb der Ansatzstelle der Querwand ein bestimmtes Maass erreicht. Bei weiterem Längenwachsthum der Seitenwand innerhalb der Ansatzstelle tritt der dreieckige Raum zuerst fast punktförmig auf.

Dass ein Wachsthum innerhalb dieser Stelle wirklich stattfindet, zeigt nun die weitere Vergrösserung des Dreiecks (Taf. IV, Fig. 34 a, Taf. III, Fig. 27 die Scheidewand rechts, und Taf. IV, Fig. 34 b). Dasselbe rückt, sich vergrössernd, mit seiner Grundlinie gleichzeitig an die Peripherie der inneren Schicht und zwar deshalb, weil die Lage jener Schicht durch Dehnung immer dünner wird. Dieses ausserhalb der Ansatzstelle der Querwand liegende Stück der Innenwand wird jetzt nämlich, wo es vom Zellinnern abgeschnitten, nicht mehr als solches regenerirt, vielmehr durch die sich unter dem Druck des Zellsaftes gegen einander abzurunden strebenden Zellen, so wie auch durch das aus ähnlichen Gründen erfolgende Wachsthum derselben stark in die Länge gezogen. Alle diese Gründe zusammengenommen bewirken auch die Vergrösserung des Dreicks, dessen Masse zwar eine geringere Dichtigkeit als die Masse der Innenschicht zeigt, sicher aber nicht Intercellularraum ist.

---

darauf zurückgeführt werden könnte, dass rings um die neuen Primordialzellen neue Membran sich bildet. Aber diese messbare Zunahme der Dicke der älteren Wände der sich theilenden Zelle bleibt sehr weit zurück hinter der Hälfte der Dicke der neu gebildeten Scheidewand. Dieses Verhältniss spricht sich am deutlichsten darin aus, dass bei Cladophora und Spirogyra in kürzester Frist nach der Theilung, in der Regel noch vor der nächsten Theilung (auffallende Ausnahmen finden sich nur in Fäden, die im Uebergange zum Ruhezustande sich befinden) die messbaren Unterschiede der Dicke der neugebildeten Scheidewände von der älterer queren Scheidewände des nämlichen Fadens verschwindend gering werden.« Da bei Spirogyra orthospira die junge in Bildung begriffene Querwand nur etwa 0,0009 Mm. misst, so würde die Verdickung der Seitenwände nach obigem unter 0,00045 Mm. betragen, sich also noch in solchen Werthen bewegen, die innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler liegen.

Das Streben der einzelnen Zellen, sich unter dem Drucke ihres Inhalts abzurunden, führt oft bis zur völligen Trennung derselben von einander. Es pflegt das unter bestimmten Verhältnissen besonders häufig einzutreten und bedingt eine ungeschlechtliche Vermehrungsart der Pflanze, die den Mangel an Schwärmsporen ersetzt. Namentlich wenn die Pflanze sich längere Zeit unter ungünstigen Verhältnissen befunden, diese sich aber plötzlich zum Vortheil der Pflanze verändern und eine neue, kräftige Entwicklung derselben anregen, ist das Zerfallen der Fäden in einzelne Zellen zu beobachten. Ich habe den Vorgang sich wiederholt unter meinen Augen abspielen sehen. Freilich ist es zunächst nur Sache des Zufalls, wenn letzteres gelingt. An einer beliebigen Stelle des Fadens löst sich, mit einem Ruck, der Verband zweier aufeinanderfolgender Zellen.

Die Trennung der beiden Zellen erfolgt durch die äussern Schichten hindurch und reicht bis auf die schwarze äussere Contour der innern Schicht; sie geht definitiv in zwei die Zelle querumlaufenden Kreislinien vor sich, die den beiden Enden der Grundlinie des Dreiecks entsprechen. Diese, im optischen Durchschnitt dreieckig umschriebene, innere, weniger dichte Masse ist, wie schon erwähnt, an ihrer Peripherie etwas cuticularisirt, und an den beiden Rändern ihrer reifenförmig die Zelle umfassenden Grundfläche löst sich, bei starker Spannung der innern Schicht gegen die äussere, der Zusammenhang. Das Normale ist, dass nur an der einen Zelle der ringförmige Riss erfolgt (Fig. 35). Die Spannung ist so gross, dass, wenn keine Hindernisse dem entgegenstehen, die Zellen meist auf eine kurze Strecke auseinander getrieben werden. Beide Zellen wölben im gleichen Augenblick ihre Endflächen gegen einander, doch ist nur die Endfläche der einen völlig nackt, die der anderen noch von einer Kappe bedeckt (Fig. 35). Letztere hindert inzwischen jetzt, wo sie nicht mehr nach entgegengesetzter Seite angespannt ist, nicht die Hervorwölbung; später wird sie ebenfalls abgeworfen. Diese Kappe (Taf. IV, Fig. 36) erscheint, nachdem sie völlig befreit worden, als eine kreisrunde Scheibe und besteht aus der Mittellamelle der Querwand und dem reifenartig verbreiteten Rande.

Letzterer wird aber, wie sich schon aus dem Vorhergehenden ergiebt, gebildet von der sich gleich bei der Befreiung zusammenziehenden und dichterwerdenden Innenmasse des Dreiecks, dann dem Stücke der Innenschicht, welches die Grundlinie des Dreieckes noch von der dunklen Peripherie derselben trennte, einem entsprechenden Stücke der dünnen rosa Schicht, und endlich einem gleichen Stück der Schleimschicht (Fig. 36). Der dünne schmal anstossende Saum des Reifens rollt sich beim Freiwerden nach innen ein (Fig. 36), ein Beweiss, dass nun die rosa Schicht nebst Schleimschicht länger sind als die zuvor jedenfalls stark angespannte Aussenlage der Innenschicht. Der Saum rollt sich nicht an allen Punkten gleich stark ein, wodurch der Reif wellenförmig ausgerandet erscheint. (In Fig. 35 links angedeutet.)

Eine eben solche Scheibe bleibt auch zwischen todten Zellen stehen, deren Wände zu quellen beginnen und die sich dann von einander lösen. [1]) Sie erhält sich zunächst auch, doch ohne die entsprechenden Stücke der rosa Schicht und der Schleimschicht, unaufgelöst zwischen Zellen, auf welche man concentrirte Schwefelsäure hat einwirken lassen.

Bei der Trennung der lebenden Zellen des Fadens von einander zeigt die völlig befreite sofort an ihrer zuvor an die Querwand grenzenden Fläche: die weisse Innenschicht, die rosa Mittelschicht und über dieser noch eine dritte weisse Schicht. [2]) Alle drei Schichten sind im ersten Augenblicke fast gleich stark, doch schon im nächsten Moment fängt die weisse Aussenschicht zu quellen an, sich langsam in die Schleimschicht verwandelnd (Taf. IV, Fig. 35). Die rosa Schicht und die Schleimschicht müssen also schon, vor dem Aufbrechen, der Zelle auf der Aussenseite der innern Schicht vorgebildet worden sein. Fasst man die Endfläche einer noch von der Kappe bedeckten Zelle ins Auge und stellt scharf auf den vorgewölbten Rand der Querwand ein, so

[1]) Diese Trennung todter Zellen »mit frei werdender Mittellamelle der Querwand, von Form einer kreisrunden Scheibe, die jederseits mit einer vorstehenden, rechtwinklig ansitzenden, ringförmigen Leiste des Randes versehen ist,« beschreibt auch Hofmeister für Spirogyra Heerii. l. c. p. 190.

[2]) Wie es scheint, auch hier eine wasserreichere, mittlere Schicht zwischen zwei wasserärmeren.

kann man hier, falls die Zelle sich in der That nahe am Aufspringen befindet, eine merkliche Verdickung der ursprünglichen Innenschicht bemerken; sie misst hier etwa um $^1/_3$ mehr als an der Seitenwandung. Auch eine Schichtung lässt sich hin und wieder innerhalb derselben sehen, doch nur schwer und meist unsicher, weil die Schichten sich noch optisch fast gleich verhalten und jedenfalls auch stark zusammengepresst sind. Die dunkle Contour liegt immer noch an der Peripherie der ganzen Schicht. Beim Aufspringen werden unter dem Einfluss des umgebenden Wassers die drei Schichten sofort different und treten deutlich in die Erscheinung; die dunkle Contour wird gleichzeitig auf die Peripherie der Innenschicht verlegt. Wie aus obiger Angabe folgt, sind die drei Schichten durch Spaltung aus der ursprünglichen Innenschicht entstanden, und dürfte der vorliegende Fall jedenfalls ein instructives Beispiel für den directen Nachweis solcher Spaltung abgeben.

Die drei sichtbar werdenden Schichten sind zunächst, wie gesagt, fast gleich stark; doch dieses dauert nur eine kurze Weile, denn die Aussenschicht fängt ja sofort zu quellen an, und die Innenschicht nimmt alsbald an Dicke zu. Dann sind aber an dem neuen Zellende ganz dieselben Verhältnisse wie an den Seitenwänden erreicht. Das Zellende zeigt gleich nach der Befreiung ein auffallendes Längenwachsthum, dessen Intensität aber rasch abnimmt und das schon nach wenigen Minuten unmerklich wird. Dabei hatte in einem bestimmten Falle der Mittelpunkt der Endfläche sich um 0,015 Mm. in gerader Linie fortbewegt, wobei freilich auch die Böschung des Zellendes steiler wurde, doch lange nicht in dem Maasse, als dass diese Gestaltsveränderung allein das ganze Vorschreiten des Scheitelpunktes hätte bewirken können. Ein Wachsthum an dieser Stelle ergiebt sich vielmehr auch aus dem Umstande, dass, weil die Chlorophyllbänder zunächst im Wachsthum hinter der Zellwand zurückbleiben, das betreffende Zellende gleichzeitig völlig chlorophyllos wird. In dem angeführten Falle war das Ende des bei der betreffenden Lage der Zelle obersten Chlorophyllbandes, nach der

eben vollendeten ersten Streckung, um 0,03 Mm. von dem Mittelpunkt der Endfläche entfernt.

Die Rissstelle ist an kurz zuvor aufgesprungenen Zelle meist kaum zu erkennen: die relativ breite, dunkle Contour der Innenschicht und sonstige dioptrische Erscheinungen, erschweren die Einsicht. Dafür wird aber die Rissstelle schön an den älteren unter solchen Zellen markirt, weil an denselben die innere Schicht, meist auf eine kurze Strecke nach rückwärts von der Rissstelle, sich von den äusseren Schichten befreit (Taf. IV, Fig. 37). Es hat inzwischen jedenfalls ein Wachsthum auch der übrigen Wandung der Zelle stattgefunden und diese Loslösung der äusseren stärker gedehnten Schichten von der inneren, so weit als die Spannungsverhältnisse hierzu ausreichten, veranlasst. Das abgelöste, aus den beiden äusseren Schichten bestehende Membranstück ist nur etwa 0,01 Mm. lang, es biegt sich nach aussen um und ist jetzt sehr leicht zu sehen (Fig. 37), ja auch bei Oberflächeneinstellung als ein die Zelle umgebendes Band, respective als eine derartige Linie, zu erkennen. Jetzt kann man denn auch sehen, wie die beiden äussern Schichten der Endflächen sich in dem Winkel, den das abgehobene Membranstück mit der activen Zellwand bildet, auskeilen, und wie beide hier in die schwarze Contour der Innenschicht einlaufen (Fig. 37).

Doch ein Punkt von besonderer Wichtigkeit bleibt uns noch zu besprechen übrig; er betrifft die innern Vorgänge beim Wachsthum der neuen Endfläche. Dieselben lassen sich hier jedenfalls in selten günstiger Weise verfolgen. Noch bevor die Endfläche sich von ihrer Kappe befreit hat, sieht man das feinkörnige Protoplasma der Zelle, die feinen Körnchen, doch auch grössere mit sich führend, der Endfläche zuströmen. Es ist das wieder dasselbe Bild, das wir in der sich theilenden Zelle gesehen, und geht uns so für die Bedeutung desselben ein neues Verständniss auf. In sehr reichen und mannichfaltigen Bahnen bewegen sich die Ströme: an den Bändern der Chlorophyllbänder, zwischen und über denselben. Die ganz feinen Körnchen folgen ohne weiteres dem Strom, die grossen dagegen befinden sich, auch hier wieder, in einem unruhigen, ruckweisen Fortschreiten

begriffen, indem sie, den feinen Strömen fast zu schwer, theilweise ruhen, theilweise wieder fortbewegt werden. Besonders günstig ist nun die weitere Beobachtung an den Enden solcher Zellen, die sich von ihrer Kappe schon befreit haben und ihre erste Streckung bereits vollendet. Da pflegt sich an diesen Zellenden ein noch lange andauerndes, intensives Wachsthum zu erhalten, wohl jedenfalls deshalb, weil dieses Zellende dehnbarer ist als die älteren Seitenwände und leichter dem inneren Druck des Zellsaftes nachgiebt. Die Chlorophyllbänder bleiben aber zunächst noch hinter dem Wachsthum der Zelle zurück, so dass nichts an dieser Stelle die Untersuchung stört. Da sieht man denn, dass an der ganzen fortwachsenden Stelle, die übrigens nicht viel mehr als die Endfläche und ihre Böschungen umfasst, sich so viel feinkörniges Protoplasma angesammelt hat, dass es nicht mehr einzelne Ströme, sondern eine zusammenhängende, übrigens stets sehr dünn bleibende Schicht hier bildet. Stellt man auf die Fläche dieser Schicht ein, so erscheint sie wie feinpunktirt von den vielen kleinen Körnern; die Gleichmässigkeit der Punktirung wird nur von den grösseren Körnern unterbrochen. Im optischen Durchschnitt erscheint aber die Hautschicht auf ihrer Innenseite von diesen feinen Körnchen wie gepflastert. Nur hin und wieder springen an einzelnen Stellen Protoplasmaballen in das Lumen der Zelle vor, gleichen sich aber bald wieder gegen die umgebende Schicht aus. Nur das feinkörnige Protoplasma ist in Strömung, die Hautschicht selbst ruht. Sie zeigt hier einen sehr merkwürdigen Bau, erscheint nämlich aus lauter stäbchenförmigen Elementen gebildet, die dicht an einander gedrängt und senkrecht gegen die Wand der Zelle gerichtet stehen (Taf. IV, Fig. 37).[1]) Wir sind schon wiederholt ähnlicher

[1]) Hofmeister giebt eine einigermaassen ähnliche Structur für die Hautschicht der Plasmodien (Aethalium septicum) an, wenn diese besonders stark ausgebildet ist. »Häufig tritt dann« schreibt er, »eine radiale, auf den Flächen senkrechte Streifung hervor, . . . eine Streifung, die auf der Nebeneinanderlagerung stärker und schwächer lichtbrechender, dichterer und minder dichter, weniger und mehr Wasser haltender, zur Fläche der Membran vertical gestellter Theilchen beruht.« — Seltener soll auch eine Zusammensetzung aus, der Fläche der Hautschicht parallelen, abwechselnd

Structur im Protoplasma begegnet. An der Innenfläche der so radial gestreiften Hautschicht rückt nun die zusammenhängende Körnerschichtmasse hin und her; jedenfalls werden durch die hinzueilenden Ströme neue für die Bildung der Membran erforderliche Substanztheile zugeführt; andere Ströme eilen davon, um sich wohl mit neuen solchen Theilen zu beladen. Ganz ebenso wurde ununterbrochen neues Material dem Protoplasmaknäul am Rande der sich bildenden Querwand zugeführt, nur war dort die Bildung der Membran noch localisirter als hier. Lässt man Zuckerlösung oder sonst indifferente, wasserentziehende Mittel auf so wachsende Zellen einwirken, so zieht sich die Hautschicht sammt dem übrigen Inhalte der Zelle von der Wand zurück. Die radiale Structur der Hautschicht wird aber dabei zerstört, und zwar schon bei dem allerersten Beginn der Einwirkung. Das sind also die lebendigen Vorgänge beim Wachsthum einer Zellwand.[1]) Diese Zellwand fand ich übrigens an den Orten so erhöhter Thätigkeit kaum merklich dicker als an anderen Stellen; das Längewachsthum hält hier also dem Dickenwachsthum das Gleichgewicht, so zwar, dass die Dicke der Membran ein gewisses, specifisches Maass nicht merklich überschreiten kann.

Ich habe den geschilderten Wachsthumsprocess sowohl bei Tage als auch bei Nacht beobachtet und keine irgendwie auffallenden Unterschiede in der Intensität desselben wahrgenommen. Die Strömung in der Zelle war scheinbar gleich rasch, die Protoplasmaanhäufung an der wachsenden Fläche dieselbe, und ebenso auch die Structur der Hautschicht in allen Fällen gleich.

Auch wo die wachsende Stelle mir besonders stark er-

---

stärker und schwächer lichtbrechenden Lamellen zu erkennen sein und zwar neben jener radialen Streifung oder auch ohne dieselbe. Lehre v. d. Pflz. p. 24.

[1]) Nach den Angaben von Dippel (Entst. d. Wandst. Protoplasmaströmchen in der Pflanzenzelle. Abh. der Naturf. Ges. z. Halle Bd. X) zu urtheilen, müsste sich auch in den Spiralzellen der Kapselwand von Marchantia, den Schleuderzellen der Lebermoose, den Gefässzellen von Balsamina und Impatiens körniges Protoplasma an denjenigen Stellen ansammeln, wo Cellulose ausgeschieden wird, also in den genannten Fällen, in Spiralbändern. Vergl. die anderslautende Erklärungsweise von Dippel l. c., des Separatabdrucks p. 11 u. 12.

schien, war durch kein Mittel eine neue Schicht auf der Innenseite derselben sichtbar zu machen. Die neu ausgeschiedenen Cellulosepartieen verschmelzen eben ganz vollkommen mit den älteren. Ob die einzelnen Cellulosemolecüle hierbei tiefer, oder weniger tief, in die vorhandene Membran eindringen, das lehrt die directe Beobachtung nicht; nur auffallend war es mir, dass, bei Rücktritt der Hautschicht, unter Einwirkung von Zuckerlösung, die innere Contour der Membran, besonders an den stark wachsenden, radiär differencirte Hautschicht zeigenden Stellen, nicht ganz glatt, vielmehr mit feinen Vorsprüngen besetzt erschien, die man mit den Interstitien zwischen den radialen Stäbchen der Hautschicht in Zusammenhang hätte bringen mögen. Es würde das erinnern an die Ausscheidung der Cellulose in den Zellplatten, wie wir sie schon bei der Theilung der vier oberen Zellen im Abietineen-Ei gesehen.

Wie schon früher hervorgehoben, wird bei der Trennung zweier Zellen im Faden stets nur die eine Zelle frei, die andere behält zunächst die Kappe. Die für das Aufspringen nöthige gleichsam abnorme Spannung war jedenfalls nur in der einen der beiden anstossenden Zellen vorhanden. Doch auch die normale Spannung innerhalb der Zellen ist so gross, dass nach dem Abspringen der einen Zelle die andere sofort ihre Querwand hervorwölbt. Dieses scheint aber auch gleich ein neues Wachsthum an jener vorgewölbten Querwand anzuregen und schliesslich auch hier das Abwerfen der Kappe zu veranlassen. Ebenso auch wölben sich in kranke oder abgestorbene Zellen, sobald die Spannung in denselben nachgelassen und nicht derjenigen der benachbarten Zellen das Gleichgewicht halten kann, die Querwände jener Zellen hinein. Auch dieses führt zur endlichen Trennung von der kranken Zelle. Um nun nicht auf den Zufall allein angewiesen zu sein, habe ich, zum Behuf der eben vorgeführten Untersuchungen, kräftige Zellfäden in Stücke geschnitten und nun die Vorgänge an den den durchschnittenen Zellen zugekehrten Querwänden verfolgt. Auch hier findet das Hervorwölben, von der benachbarten Zelle aus augenblicklich statt; von jenem Moment aber, bis zum völligen Abwerfen der durchschnittenen

Zelle verfliessen im Durchschnitt 18—24 Stunden. Fäden, welche des einen Tages um 10 Uhr früh durchschnitten waren, hielten um 8 Uhr Abends desselben Tages noch alle durchschnittenen Zellen fest, entledigten sich aber derselben grösstentheils während der Nacht, so dass sie am nächsten Morgen meist nur freie Endflächen zeigten. Um 5 Uhr Nachmittags am nämlichen Tage durchschnittene Fäden hatten am nächsten Morgen theilweise von den durchschnittenen Zellen noch bedeckte Endflächen aufzuweisen. An einigen Fäden andererseits, die ich zwei Tage später um 3 Uhr Nachmittags zerschnitten hatte, war am nächsten Morgen fast überall noch der Zusammenhang mit den durchschnittenen Zellen erhalten. Für die fortgesetzte Beobachtung sind nun hauptsächlich Fäden aus einer solchen Gruppe zu wählen, in der die meisten Fäden sich schon ihrer Endzellen entledigt haben. Da gelingt es dann leicht, den Vorgang der Trennung selbst zu beobachten, der gelinde Druck des Deckglases genügt oft, um ihn anzuregen.

Wir haben schon früher gesehen, dass auch innerhalb der sich nicht eben theilenden Zellen Protoplasmaströmungen an den Wänden sich verfolgen lassen: verschiedene, gleichzeitig untersuchte Fäden zeigen sie meist in verschiedener Intensität, ja diese Intensität wechselt sogar oft von einer Zelle des Fadens zur anderen. Mit der Intensität der Strömung scheint hier aber überall auch die Intensität des Wachsthums zusammenzuhängen. Welche Structur die Hautschicht in den meisten Zellen besitzt, ist, wegen ihrer fast unmessbaren Dünne, durchgängig nicht zu bestimmen. Nur an den so überaus stark wachsenden Enden der kürzlich befreiten Zellen verdickt sich die Hautschicht dermaassen, dass sie ihre Structur ohne weiteres erkennen lässt. Auch an diesen Orten wird übrigens die Hautschicht dünner und ihre Structur unkenntlich, sobald das Wachsthum nachgelassen hat. Dahingegen glückte es mir, den radiären Bau der Hautschicht im ganzen Umfange der Zelle zu sehen und zwar wiederum in einer Zelle, die ausnehmend intensiv wuchs. Dieselbe Zelle zeichnete sich durch sehr lebhafte Strömungen in ihrem ganzen Umfang aus. Die Hautschicht war übrigens auch in

diesem Falle immer noch sehr dünn und nur mit den stärksten Immersionssystemen (Nr. 3 von Zeiss) sicher zu beobachten.

Meine Untersuchungen über diese, das Wachsthum der Membran begleitenden Erscheinungen, beschränken sich ausschliesslich auf Spirogyra orthospira, die ich zunächst günstiger als die mir sonst zur Verfügung stehenden Süsswasseralgen fand. Sie sollen auch nur den Zweck haben, weitere Beobachtungen in dieser Richtung anzuregen.

Um Missverständnissen vorzubeugen, hebe ich nur noch hervor, dass ich nicht etwa der Meinung bin, die Ernährung der Membran sei die einzige Function der Protoplasmaströmung. Ich begnüge mich vielmehr damit, gezeigt zu haben, wie dieselbe für die Membranernährung verwerthet werden kann. Auch anderweitigen Transport von Stoffen dürften sie häufig übernehmen, wobei es sich aber wohl, hauptsächlich nur, um feste, oder im Protoplasma zwar gelöste, aber im Zellsaft unlösliche Stoffe handeln dürfte.

Ich habe im Vorhergehenden nachzuweisen gesucht, dass die Seitenwand der Spirogyra orthospira an allen Zellen ohne Ausnahme von drei Schichten gebildet wird. Secundäre Schichtung ist in keiner dieser drei Schichten nachzuweisen, auch nicht mit Hilfe künstlicher Mittel. Hiermit ist aber die Möglichkeit der Einschachtelungstheorie, nach der jede neu gebildete Zelle sich mit eigener Membran umkleiden sollte, und die Seitenwand also aus so viel Schichten bestehen müsste, als sie Zellgenerationen bereits als Hülle gedient, für Spirogyra orthospira ein für alle mal ausgeschlossen. Und auch der Bau der Querwand zeigt sich von der Zahl der Zellgenerationen, die sich an sie anlehnten, völlig unabhängig. Die beiden aufeinanderfolgenden Querwände einer älteren Zelle, welche sich längere Zeit nicht getheilt hat, sind gleich stark und zeigen durchaus die gleiche Schichtenzahl, ungeachtet doch die eine der beiden Wände durchaus jünger als die andere sein muss. Eben so dick und geschichtet wie diese beiden, kann dann auch die Querwand einer anstossenden Zelle

sein, die sich, wie man aus den entfernteren Querwänden sieht, jedenfalls wiederholt inzwischen theilte. Somit spricht auch der Bau der Querwände der Spirogyra orthospira gegen die Einschachtelungstheorie, eben so wie diess schon die directe Beobachtung der Zelltheilung gethan.

Eine Pflanze, für die neuerdings noch die Einschachtelung der Zellhautschichten, entsprechend der Zahl der erfolgten Theilungen ganz besonders geltend gemacht wurde,[1]) ist *Ulothrix zonata*. Dies veranlasste mich, dieselbe, oder doch eine sehr nahe mit ihr verwandte Ulothrix-Form auf diese Verhältnisse zu untersuchen. Ich holte mir die Pflanze aus der Schwarza in der Nähe von Schwarzburg, von demselben Orte, an dem sie Schacht vor 23 Jahren gesammelt.[2]) Auch jetzt noch bedecken die grünen Fäden dieser Alge fast alles Geröll des rasch fliessenden Baches. Ich konnte mich an der relativ dicken Form, die mir zur Verfügung stand sehr schön über den Bau der Membran orientiren. Dieser Bau wird besonders deutlich an solchen Fäden, die abgestorben, längere Zeit im Wasser verblieben, langsam sich zersetzend. Da quellen alle Schichten allmälig auf, und es lassen sich alsbald alle Mittelstufen zwischen solchen Fäden, bei denen die Quellung der Schichten kaum begonnen, und solchen, bei welchen sie bis zum Unkenntlichwerden aller Schichtung und theilweiser Lösung der Zellen aus dem Verbande vorgeschritten, auffinden. Was nun auch Entgegengesetztes über den Bau der Ulothrix mag behauptet worden sein, es besteht die Seitenwand der Zellen an allen Stellen des Fadens ebenfalls nur aus drei Schichten. Diese drei Schichten zeigen auch überall das gleiche gegenseitige Verhältniss. Bei einem Faden von beispielsweise 0,038 Mm. Dicke, maass die äussere Schicht 0,0009 Mm.; die mittlere an Stellen, die nicht auf Querwände stossen, etwa 0,002, die innere etwa 0,0012 (Taf. IV, Fig. 38). Die äussere Schicht ist weiss glänzend, stark lichtbrechend, ebenso die innere, die mittlere dagegen weniger lichtbrechend, durchsichtiger, jedenfalls

[1]) Vergl. Dippel, Zelltheilung der Ulothrix zonata. Aus den Abhandl. der Naturforsch. Gesellsch. zu Halle Bd. X. 1867.

[2]) Pflanzenzelle p. 121.

weniger dicht als die beiden andern. Die Querwände setzen an die innere Schicht der Seitenwand an. Die jüngsten Querwände, die ich zunächst zu Gesicht bekam, zeigten sich noch wenig verdickt am Rande. Die Verdickung durchaus noch auf der Innenseite der Innenschicht der Mutterzelle befindlich, diese Innenschicht ununterbrochen und noch mit der ursprünglichen Wölbung beide Schwesterzellen umfassend. In dem verdickten Rande der Querwand ist der s. g. Intercellularraum kaum erst punktförmig angedeutet, alles Verhältnisse, die vollkommen denjenigen an entsprechenden Entwicklungsstadien der Spirogyra gleichen.

Auf etwas älteren Zuständen nimmt die Querwand, entsprechend der Dehnung der beiden Schwesterzellen die sie trennt, an ihrem Rande an Dicke zu, und der minder dicht angefüllte dreieckige Raum in ihrem Innern zeigt grössere Dimensionen. In der Folge sieht man dieses Dreieck ganz wie bei Spirogyra langsam nach der Peripherie wandern. Da dieses Wandern hier besonders instructiv ist, so habe ich es in einem nach der Natur entworfenen Bilde (Taf. IV, Fig. 38) fixirt. Das Bild ist einem abgestorbenen, doch noch wenig veränderten Faden entnommen; die Schichtenverhältnisse waren an demselben so deutlich, dass sie sich mit vollständiger Genauigkeit und Sicherheit wiedergeben liessen. Bei lit. *a* der genannten Figur liegt nun der dreieckige Raum in Mitten der Innenschicht, ohne dass seine Grundlinie sich seitlich in irgend welche Trennungslinie fortsetzen liesse. Bei lit. *b* erreicht die Basis des vergrösserten Dreiecks schon den Aussenrand der Innenschicht und wird nur noch von einer äusserst dünnen Lage derselben von der Mittelschicht getrennt; diese Lage ist bei gequollenen Zellwänden etwas nach aussen gewölbt; bei lit. *c* endlich mündet das Dreieck frei in die Mittelschicht und nun ist es die Aussenschicht, die sich an dieser Stelle etwas vorwölbt. Diese Vergrösserung des Dreiecks, deren Ursache ich bei Spirogyra schon eingehend erörtert, ist hier die Veranlassung zur Aufstellung der Einschachtelungstheorie gewesen. Die gegenseitige Stellung der Dreiecke ladet denn auch zunächst zu einer solchen Deutung ein.

Die Theilungen pflegen in kräftigen Fäden mit grosser Regel-

mässigkeit zu erfolgen, und zeigt beispielsweise unsere Figur eine Zellreihe, die in dieser regelmässigen Weise aus einer Zelle entstanden ist. Die erste Scheidewand *b* halbirte die Zelle *c—c* in zwei gleiche Tochterzellen und diese beiden zerfielen wieder (nach dem Entwicklungszustande der Querwände zu schliessen) gleichzeitig durch die Querwände a, in je zwei gleiche Enkelzellen. Der jüngste dreieckige Raum bei *a* liegt hier noch durchaus in Mitten der Innenschicht der Seitenwand, der dreieckige Raum bei *b* reicht schon bis an die Peripherie der Innenschicht; bei *c* mündet er in die Mittelschicht. Es ist nun sehr verlockend, die Grundlinien der Dreiecke sich beiderseits verlängert zu denken, und daraus ein Einschachtelungssystem der Wand zu construiren. Bei zu schwacher Vergrösserung, oder nicht rein medianer Einstellung verhelfen auch die sich bildenden, dioptrischen Liniensysteme zu dieser Construction. Ich habe die Seitenwand mit den besten und stärksten Immersionssystemen untersucht und bin so zu obiger Auffassung gekommen. Besonders empfehlenswerth für die rasche Orientirung sind, wie ich nochmals hervorhebe, solche Fäden, welche abgestorben auf dem Wege der Maceration im Wasser, ihre Schichten gegen einander stark abgegrenzt haben. Auf die Querwände ist die Einschachtelungstheorie noch viel weniger als auf die Seitenwände anwendbar. Freilich kann man auch an den Querwänden, namentlich bei oberen und unteren Einstellungen in der Gegend der Dreiecke, eine grössere Anzahl paralleler Linien auftreten sehen; doch verschwinden diese überall, wo es gelingt einen wirklich medianen, optischen Querschnitt aus der Querwand zu bekommen. Da überzeugt man sich denn, dass bei Ulothrix auch relativ alte Querwände nach Innen vom verdickten Rande im Verhältniss sehr dünn bleiben (Taf. IV, Fig. 38). Nur mit Mühe ist es mir an stark zersetzten Zellfäden gelungen, mich von der Existenz einer differenten, äusserst zarten Mittelschicht innerhalb der Querwand zu überzeugen. Von weiterer Schichtung konnte in keinem Fall die Rede sein; sie war nie mit Sicherheit nachzuweisen. Ich setze gleich hinzu, dass ich bei meiner Untersuchung auch alle sonst üblichen chemischen Quellungs- respective Färbungs-Mittel

zu Hilfe zog, ohne durch dieselben wesentlich gefördert zu werden. Von Interesse ist hier nur zu erwähnen, dass beispielsweise die violette Färbung mit Chlorzinkjod an den im Wasser macerirten Fäden um so unmittelbarer eintritt, je weiter die Maceration vorgeschritten ist. Dabei färbt sich die Innenschicht am intensivsten, die Mittelschicht schwächer, die Aussenschicht bleibt ungefärbt. Nach älteren Angaben gelingt es leicht an passenden Schnittstellen des Fadens die eingeschachtelten Zellen einzeln, respective in Generationscyclen herauszuziehen.[1]) Mir wollte diese Operation leider nicht glücken; doch vielleicht standen mir eben nicht hinreichend dicke Fäden zur Verfügung? Denkbar ist es wohl, dass sich die Innenschicht von den beiden äusseren künstlich befreien lasse, und dass die Zellen so weit zu Complexen vereinigt bleiben, als sie noch durch die Innenschicht zusammengehalten werden, d. h. so weit als die dreieckigen Räume noch innerhalb derselben liegen.

Einige dickere *Spirogyren,* darunter *Spirogyra nitida* (Taf. IV, Fig. 28—33) und auch *Spirogyra setiformis,*[2]) die ich ebenfalls auf die Verhältnisse der Membran untersuchte, zeigten mir sämmtlich an der Seitenwandung drei Schichten: zwei äussere schmale und eine innere breitere. Sie entsprechen jedenfalls den dreien der Spirogyra orthospira und ist die gequollene Aussenschicht der letzteren demnach, wie dieses schon von Alexander Braun[3]) geschehen, als Cuticula zu deuten.

Bei Behandlung mit etwas verdünnter Schwefelsäure tritt in der Innenschicht der Spirogyra setiformis secundäre Schichtung auf: an der Seitenwand sowohl, als auch an den Querwänden.[4]) Es war mir einigermaassen auffallend, so häufig drei Schichten in der Seitenwandung der Fadenalgen zu begegnen, doch diese Erscheinung erklärt sich wohl aus dem Umstand, dass drei Schichten überhaupt eines der einfachsten Verhältnisse darstellen,

---

[1]) Dippel l. c. des Separatabdruckes p. 8.

[2]) Nach Kützing l. c. Bd. V, Taf. 28.

[3]) Verjüngung p. 261.

[4]) Bei der Behandlung mit SO^3 wird ebenfalls ein schöner, grosser, centraler, im optischen Durchschnitt fast quadratischer Zellkern, mit grossem Kernkörperchen sichtbar.

in dem durch innere Spaltung entstandene Schichten auftreten und dass hier eben die Schichtung sich meist auf diesem einfachsten Verhältniss erhält. Durch secundäre Schichtenbildung kann dann übrigens, wie wir diess eben schon bei Spirogyra setiformis gesehen, die Zahl der Schichten vermehrt werden. An einigen zarteren Spirogyra-Arten mit relativ dünner Seitenwandung, war ich hingegen nicht in der Lage, auch bei Anwendung der stärksten Systeme, mehr als zwei Schichten zu unterscheiden: eine stärkere weisse Innenschicht, und eine zarte Cuticula. Bei sehr dünner Membrananlage dürfte also die Cuticula sich direct abgrenzen, und erst von einer bestimmten Stärke der Membrananlage an die Spaltung in gleichzeitig drei Schichten erfolgen, wie wir diess bei der Innenschicht der Spirogyra orthospira an den Enden sich befreiender Zellen gesehen haben. Das optische Verhalten der drei Schichten war im letztern Fall ein derartiges, dass wir die äussere und innere Schicht für die dichteren, die mittlere für die mindest dichte halten mussten. Die Spaltung erfolgte hier also in der durch die Naegeli'sche Intussusceptionslehre geforderten Weise [1]) und liefert eine direct verfolgtes Beispiel für dieselbe. Selbstverständlich wird hierdurch eine Schichtenbildung durch Apposition für andere Fälle nicht ausgeschlossen. Von den drei durch Spaltung entstandenen Schichten bei Spirogyra orthospira wird die äussere sofort durch Quellung, bei anderen Spirogyren durch Cuticularisirung, different, die innere Schicht nimmt aber durch bevorzugte Ernährung bald an Dicke zu, wodurch das ursprüngliche Verhältniss der drei Schichten völlig verwischt wird.

Viel weniger weichen an den Seitenwänden von Ulothrix die drei Schichten von dem ursprünglichen Verhältniss ab und namentlich tritt dort die minder dichte, (wasserreichere) mittlere Schicht gegen die innere und äussere, dichtere (wasserärmere), scharf hervor.

---

[1]) Zuerst niedergelegt in der umfangreichen Abhandlung über Stärkekörner. Pflanzenphys. Unters. Heft 2. 1858. — Vergl. dann auch Naegeli und Schwendener das Mikroskop p. 542 u. ff. und Hofmeister, Lehre von der Pflanzenzelle p. 196.

Aehnlich wie an den sich befreienden Zellenden der Spirogyra orthospira, haben wir die Spaltung in drei Schichten in den Querwänden derselben und andere Fadenalgen verfolgen können. Zuerst tritt die Spaltung in dem sich verbreiternden Rande der Querwand auf und es entsteht hier ein Ring minder dichter, schwächer das Licht brechender Substanz, der als Intercellularraum gedeutet wurde; später wird eine Mittellamelle in der ganzen Querwand differencirt, es geschieht dies, sobald die Querwand eine bestimmte Dicke erreicht hat. Auch bei Cladophoren finden wir in der Seitenwand der jungen Zellen drei Schichten wieder (Taf. V, Fig. 50—53): die stärkste weisse Innenschicht, eine zwischen zwei dunklen Contouren liegende zarte Mittelschicht, und eine ebenso zarte Cuticula. Bei Cl. fascicularis lassen sich alle drei Schichten auch über den Scheitel der Endzellen verfolgen, ja die Mittelschicht wird hier besonders stark, oft doppelt so stark, als die beiden andern Schichten zusammengenommen und verursacht hier die auffallende Verdickung der Membran am Scheitel. Bei Cladophora fracta sind hingegen am Scheitel der Endzellen nur zwei Schichten: die innere und die Cuticula, zu unterscheiden. Die Membran ist hier verdünnt, von der Mittelschicht nichts zu sehen, und doch nehme ich an, dass sie vorhanden und nur durch Dehnung so verdünnt worden ist, dass sie von der schwarzen Contour der Innenschicht verdeckt wird.[1]) Man kann sich, meine ich, hiervon überzeugen, wenn man ganz junge aus älteren Zellen hervorgebrochene, noch von denselben nicht abgegrenzte, Seitenzweiganfänge ins Auge fasst. Da sieht man, wie die drei Schichten der älteren Zellen durch die junge Anlage gedehnt worden und wie die, auch so schon dünne Mittelschicht der älteren Zelle alsbald an der Zweiganlage in der schwarzen Contour der Innenschicht aufgeht. Die älteren Cladophorazellen vermehren durch secundäre Spaltung

[1]) Hofmeister giebt an (Lehr. v. d. Pflanzenzelle p. 194), die Membran erscheine homogen, an der Spitze der Endzellen von Cl. glomerata, und lasse die erste Andeutung der Schichtung erst in der Mittelgegend dieser Zellen erkennen. An der Anfügungsstelle der queren unteren Wand der Endzelle an die freien Aussenwände des Zellfadens soll aber die Zellwand in fünf Lamellen gesondert sein.

ganz auffallend die Zahl ihrer Wandschichten, was besonders auffallend wird, wenn man quellungserregende Mittel auf dieselben einwirken lässt.[1])

An der Seitenwandung junger Zellen von Oedogonium tumidulum Kg. finde ich nur zwei Schichten: die stärkere, weisse Innenschicht und die dünne Cuticula (Taf. IV, Fig. 40—46). Die Entstehung der Seitenwände ist hier aber eine ganz merkwürdige. Wie bekannt, wird vor der sichtbaren Theilung der Zelle ein Cellulosering nahe unter ihrem oberen Ende gebildet (Fig. 41). Ueber die Bedeutung derselben gehen aber die Meinungen ziemlich weit auseinander. Der Entdecker Pringsheim[2]) und neuerdings auch Naegeli[3]) und Hofmeister[4]) halten ihn für eine von der vorhandenen Zellwand unabhängige Bildung, für eine locale Ausscheidung von Zellhautsubstanz in Gestalt eines der Innenwand angelagerten Ringes.[5]) De Bary,[6]) Hartig,[7]) v. Mohl[8]) hingegen für eine Falte der innersten Mutterzellhautlamelle; Dippel[9]) endlich für einen Falte der ganzen innern Zellstoffhülle.

Es ist bisher aber keine vollständige Entwicklungsgeschichte dieses fraglichen Gebildes geliefert worden. In der That macht es einige Schwierigkeit, die jüngste Ringanlage von den, der Zellwand anliegenden, körnigen Bildungen des Zellinnern zu unterscheiden, und zwar um so mehr, als sich die zur Theilung anschickende Zelle in ihrem oberen Theile dicht mit Inhalt füllt.

---

[1]) Vergl. auch Hofmeister Lehre von der Pflanzenzelle p. 191 u. 194. Nach demselben Autor soll Hydrodictyon utriculatum während der Vegetation nur drei Schichten in der Zellmembran zeigen, beim Quellen sollen sich die beiden innern Schichten als aus zahlreichen dünnen Lamellen, von abwechselnd stärkerem und schwächerem Lichtbrechungsvermögen bestehend, ausweisen p. 190.

[2]) Pflanzenzelle p. 34. 1854.

[3]) Mikroskop Bd. II p. 550.

[4]) Lehre von der Pflanzenzelle p. 102 u. 154.

[5]) Hofmeister l. c. p. 154.

[6]) Abhandl. d. Senkenberg. Ges. I. p. 39 1854, und Bot. Zeitung 1858 Beilage. p. 80.

[7]) Bot. Zeitung 1855 Sp. 417.

[8]) Bot. Zeitung 1855 Sp. 721.

[9]) Mikroskop. 1869 p. 52.

Mit Zuhilfenahme wasserentziehender Mittel bei lebenden Zellen und von Alcohol-Präparaten habe ich für Oedogonium tumidulum Kg. den Vorgang ziemlich vollständig gewinnen können. Der Zellstoffring beginnt hier als eine schmale (etwa 0,0015 Mm. starke) Verdickungsleiste der Zellwand und ist zunächst nur im optischen Durchschnitt zu erkennen. Diese Leiste erhebt sich, einer jungen Querwandanlage nicht unähnlich, und an ihrer Ansatzstelle wird ein kleiner schwarzer Punkt bemerkbar. Wir haben es hier jedenfalls mit einem ganz ähnlichen Vorgang wie bei der Scheidewandbildung zu thun. Es wird innerhalb einer schmalen ringförmigen Zone Zellhautstoff ausgeschieden, der vollständig mit der Innenschicht der Mutterzellwand verschmilzt und zu einer vorspringenden Ringleiste anwächst. Sobald sich aber diese ein Wenig erhoben, erfolgt, wie diess bei sonstiger Verdickung der Innenschicht geschehen könnte, eine Spaltung innerhalb der verdickten Stelle. Es tritt so die erwähnte dunkle Stelle auf, die jedenfalls der ersten Anlage des Dreiecks am Rande der Scheidewände entspricht, hier aber wegen der relativ grösseren Dicke der Leiste früher, als es dort der Fall zu sein pflegt, gebildet wird. Die Ringleiste nimmt zunächst ein Wenig an Tiefe zu, ohne in die Dicke zu wachsen. Der dunkle Punkt wird in einen ihren Seitenflächen parallelen Spalt verwandelt. Jetzt (vgl. Fig. 39, Taf. IV) sieht man deutlich, dass der Spalt um ein Weniges tiefer als die seitliche Insertionsstelle der Leiste in die Mutterzellwand einschneidet. Es ist das die unmittelbare Folge seiner Entwickelung. Weder jetzt noch später wird aber die Innenschicht der Mutterzellwand in ihrem sonstigen Verlauf durch den Ring gestört.

Als Faltenbildung lässt sich also, wie wir sehen, dieser Vorgang nicht auffassen; man müsste denn auch die Scheidewandbildung, wie sie oben für Spirogyra beschrieben wurde, als Faltenbildung bezeichnen. Mit der Ausscheidung eines freien Zellstoffringes haben wir es hier aber ebenso wenig zu thun, vielmehr mit einer localen Verdickung der Innenschicht der Mutterzellwand. Die ringförmige Leiste beginnt aber, sobald sie den Zustand der Fig. 40 erreicht hat, an ihrer Innenkante anzu-

schwellen; diese nimmt bei weiterem Wachsthum immer mehr an Umfang zu, so dass schliesslich der Cellulosering in seiner bekannten Gestalt aus ihr hervorgeht (Taf. IV, Fig. 41).

Wie lange diese ganze Entwickelung dauert, weiss ich nicht genau anzugeben, da ich ja, um die jüngsten Zustände der Ringanlage zu sehen, jedesmal die Zelle in dieser oder jener Weise tödten musste.

Schon auf dem Zustande der Fig. 40 Taf. IV markirt sich der Ring peripherisch mit drei Linien. Von diesen entsprechen die beiden Randlinien dem Umfange der sich abrundenden Anschwellung der Leiste, die Mittellinie der innern Trennungsschicht. Im völlig ausgebildeten Zustande des Ringes (Fig. 41) zeichnen sich aber bei peripherischer Ringstellung meist 5 Linien, wenn auch mit verschiedener Deutlichkeit: die drei innern entsprechen dann der Einfügungsleiste des Ringes, die Randlinien hingegen seinem grössten Durchmesser. Die Einfügungsleiste des Ringes (Fig. 41) ist der ursprüngliche unangeschwollen gebliebene Theil der Ringleiste; sie ist auch gegen künstliche Eingriffe resistenter als die ganze übrige Ringmasse. Es ist nach obigem also richtig, wenn v. Mohl [1]) angiebt, dass der Ring nicht »mit einer breiten Fläche an der Mutterzellwand anliegt, sondern dass er mit derselben nur in zwei sehr schmalen, nahe neben einander verlaufenden, auch von aussen an der Zelle sichtbaren Streifen in Verbindung steht.« [2]) [3]) —

Der Spalt dringt auch im fertigen Zustande des Ringes nur bis zu geringer Tiefe in dessen innere Masse hinein. Man kann sich hiervon am besten überzeugen, wenn man völlig ausgebildete Ringe an Alcohol-Präparaten einem gelinden Drucke aussetzt. Da reisst die Membran der Mutterzelle an der vorbereiteten Stelle und gestattet nun volle Einsicht in den Bau des Ringes.

---

[1]) l. c. Sp. 721.

[2]) Dagegen bei Hofmeister l. c. p. 102 »Dieser Ring ist, der Scheitelfläche der Zelle parallel, der Seitenwand derselben dicht angeschmiegt.« (Vergl. auch Fig. 20.)

[3]) In dem Lehrbuch von Sachs (IV. Aufl. p. 22) ist in Fig. 17 die Einfügungsleiste am Ringe abgebildet, nur fehlt der Spalt in derselben.

Die Ringmasse zeigt schwache Schichtung, wohl auch eine geringe Verschiedenheit in den Brechungsverhältnissen ihrer innern und ihrer äussern Masse, doch bei Oedog. tumidulum keine wirklich scharfe Abgrenzung zwischen beiden. Nach dem Oeffnen, selbst nach dem künstlichen Oeffnen der Ringe an Alcohol-Präparaten, gleichen sich auch die eben erwähnten Verschiedenheiten innerhalb derselben fast völlig aus.

Nach Pringsheim soll der, von der Zellwand abgekehrte Theil des Ringes mit Chlorzinkjodlösung sich blau färben, der der Zellwand zugekehrte aber gleichzeitig ungefärbt bleiben und sich eine Grenzlinie zwischen beiden Theilen oft in der Weise zeigen, dass der der Zellwand zugekehrte wie in einer Rinne des von der Zellwand abgekehrten liegt.[1]) Ich habe dies bei Oedogonium tumidulum nicht beobachten können, wohl aber eine andre Erscheinung, die an jene vielleicht anzuknüpfen wäre. Lasse ich nämlich Chlorzinkjodlösung auf in Theilung begriffene Zellen dieser Pflanzen einwirken, so sehe ich die Ringe langsam, von ihrer Oberfläche beginnend, ihre Structur verändern und sich gleichzeitig violett färben. Der veränderte und gefärbte Theil setzt jederzeit scharf gegen den noch unveränderten, nunmehr im Verhältniss das Licht viel stärker brechenden ab, so erscheint letzterer wie in eine Rinne des ersteren eingefügt. Doch sieht man bei Oedogonium tumidulum schon nach kurzer Beobachtungszeit diesen eingeschlossenen, nach der Zellwand zu verschmälerten Theil immer kleiner werden und endlich völlig schwinden, wonach die ganze Masse des Ringes, etwa nur mit Ausnahme der Einfügungsleiste, gefärbt erscheint. Die bei der Färbung eintretende Structurveränderung ist nicht mit auffälliger Quellung verbunden, doch werden durch dieselbe die Contouren der Ringe verwischt. Nur die Einfügungsleisten widerstehen mehr oder weniger der Veränderung.

Nach Hofmeister[2]) wird bei Oedogonium gemelliparum Pringsh. der Ring kurz vor Aufspringen der Wand mit Kupferoxydammoniak in zwei Schichten zerlegt; bei Oedogonium tumidulum tritt diess

[1]) l. c. p. 35.
[2]) l. c. p. 155 Fig. 45.

auch bei solcher Behandlung nicht deutlich hervor. Wenn die Bildung des Ringes vollendet ist, sieht man, jedenfalls in Folge der endosmotischen Spannung des Zellinhalts,[1]) die Membran der Mutterzelle plötzlich im Umkreise reissen. Der Riss erfolgt an der Stelle, welche der inneren Spalte der Einfügungsleiste des Ringes entspricht. Er geht durch die ganze Dicke der Zellwand, denn es reichte, wie wir gesehen, der Spalt der Einfügungsleiste nur äusserst wenig in diese Zellwand hinein. Der Ring klappt, so weit wie der Spalt in denselben reicht, faltenartig auf und wird nun durch die rasche Streckung des Zellinhalts weiter gedehnt (Taf. IV, Fig. 43, 45). So stark ist die innere Spannung, dass, da der Riss meist nicht völlig gleichzeitig im ganzen Umkreise der Zelle erfolgt, dieselbe durch einseitige Dehnung an der Rissstelle knieförmig gekrümmt wird; bald gleicht sich diese Krümmung aus.[2]) Die Dehnung betrifft übrigens nur den eigentlichen Ringkörper, während die beiden Hälften der Einfügungsleiste sich nicht verändern. Sie bleiben an ihren respectiven Einfügungsstellen befestigt und sieht man daher die Ringmasse, auch bei bedeutender Mächtigkeit, während der noch wenig vorgerückten Streckung, an ihrem oberen und unteren Rande stets ganz schmal auslaufen (Fig. 43). Die Ringmasse nimmt auf solchen Zuständen nach der Mitte ihrer Länge an Durchmesser zu;[3]) sie wird dünner in dem Maasse als die Streckung fortschreitet und erreicht schliesslich an allen Orten den annähernden Durchmesser ihrer aus der Einfügungsleiste stammenden Ansatzstellen. Die Cuticula wird bei Oedogonium tumidulum erst auf vorgerückten Streckungsstadien von der Ringmasse abgegrenzt (Fig. 43). So finden wir denn auch das noch wenig gestreckte Membranstück sich in seiner ganzen Masse mit Chlorzinkjodlösung gleichmässig violett färbend. Bei fortgesetzter Dehnung beginnt dann die Peripherie sich bei der gleichen Behandlung gegen das Innere heller zu zeichnen an, doch noch ohne scharfe Abgrenzung; auf dem Stadium der Fig. 43 ist

[1]) Vergl. Hofmeister l. c. p. 104.
[2]) Ebendas. p. 103 u. 153.
[3]) Ebendas. p. 154.

endlich eine äussere sich kaum mehr färbende Schicht, mehr oder weniger scharf abgesondert, jedenfalls als Anlage zur Cuticula. Die aus dem Ringe hervorgegangene Membran setzt oben und unten dicht an der Risskante, und zwar deutlich an der Innenseite der Mutterzellwand [1]) an. Dieses ist während der Streckung sehr deutlich, wird aber nach vollendeter Streckung sehr bald unkenntlich und zwar an der unteren Ansatzstelle der Membran schon deshalb, weil an dieselbe hier unmittelbar die neue Querwand sich anschliesst, in der oberen Ansatzstelle aber, weil erstens: die Ansatzstelle sehr schmal ist, durch starke Anspannung aber in eine zur Mutterzellwand durchaus parallele Lage gebracht wurde; weil zweitens: ja in der That der unter der jüngsten Ringanlage sich bildende Spalt bis zu einer geringen Tiefe in die Innenschicht der Mutterzellwand eindrang und so noch dazu beiträgt eine hier sonst bevorstehende, wenn auch noch so schwache Verdickung auszugleichen; weil drittens: nun eintretendes Dickenwachsthum den Rest von Differenzen aufhebt. — Die auf der Aussenseite vorspringenden Rissränder der ursprünglichen Mutterzellwand bilden aber die bekannten Scheiden und Kappen. Die lange Scheide umfasst die ganze untere Tochterzelle, ihr Rand fällt mit der innern Ansatzstelle der neuen Querwand in gleiche Höhe. Die Kappe bedeckt nur den obersten Theil der oberen Schwesterzelle, und da, in den je oberen Zellen, die Theilungen besonders häufig zu erfolgen pflegen, so kann man an den Kappen auch am schönsten die Summationserscheinungen verfolgen (Fig. 48, 49). So viel Theilungen, so viel vorspringende Kappenränder,[2]) diess ist allgemein bekannt, doch noch einiger Maassen das Verhältniss der Kappen zu einander und ihre Ausbildung streitig: ob sie nämlich als mit ihren Rändern sich deckende Ringe, oder in einander geschachtelte Schälchen aufzufassen seien. Erstere Ansicht wurde von Pringsheim,[3]) letztere von de Bary[4]) vertreten. Der von

[1]) Hofmeister l. c. p. 155.

[2]) Hofmeister rechnete bis zu 12 Vorsprüngen l. c. p. 155.

[3]) Jahrb. f. Wiss. Bot. Bd. I p. 16 Anm.

[4]) Bot. Zeitung 1858 Beilage p. 81 neuerdings auch von Dippel Mikroskop p. 54.

de Bary angenommene Bau sollte besonders als Beweis für eine Ausscheidung von Zellhautstoff während der Theilung auf der ganzen Oberfläche der Zellen dienen, doch hat Hofmeister bereits hervorgehoben, dass eine napfförmige Gestalt und Ineinanderschachtelung der Kappen sich eben so gut durch innere Spaltung der Membran erklären lasse. Dadurch hat die Frage, ob nun dieser oder jener Bau, sehr an Bedeutung verloren, nichts destoweniger war es für den Abschluss der ganzen Untersuchungen wünschenswerth, auch diesen Punkt noch in Erwägung zu ziehen. Ich wandte zu dem Zwecke dieselbe Untersuchungsmethode wie de Bary an, nämlich die Behandlung mit concentr. Schwefelsäure, und nun zeigte sich, dass beide Angaben über den Bau der Kappen für Oedogonium tumidulum richtig sind, dass dieselben nämlich sowohl Ringe als Näpfe darstellen können (Fig. 49). Beide Formen können in demselben Kappencomplex vereint vorkommen. Das gewöhnliche Verhalten ist, dass die einzelnen Kappenstücke Ringe darstellen, wohl verstanden Ringe, die in eine innere gemeinsame Wandschicht auslaufen, von der sie abgerissen werden müssten, sollte ihre Isolirung gelingen. Bei solchen Kappenringen lässt sich dann oft in keiner Weise die, sie von dem nächst oberen und nächst unteren Kappenstücke trennende Contour in der gemeinsamen Einfügungsschicht verfolgen. Hin und wieder gelingt es aber, so wie es de Bary angiebt, eine Kappe oder einen Kappencomplex in Napfgestalt unter concentr. Schwefelsäure aus den übrigen herauszudrücken (Taf. IV, Fig. 49). Ich meine, dieses letztere kann eintreten, wenn zwischen zwei aufeinanderfolgenden Theilungen, Schichtenspaltungen stattgefunden haben, so wie es denn eben auch Hofmeister im Allgemeinen angenommen hat.

Die junge Membran, also etwa das eingeschaltete, eben fertig entwickelte Membranstück, besteht, wie schon hervorgehoben, nur aus der Innenschicht und der Cuticula. Dann nimmt es etwas an Dicke zu und die Innenschicht spaltet sich in drei Lamellen: eine wasserreichere mittlere, zwischen zwei wasserärmeren. Es ist diese Schichtung im frischen Zustande nicht zu sehen, wohl aber bei Anwendung von verd. Schwefelsäure, wo man dann

solche Bilder wie das von Hofmeister dargestellte (l. c. Fig. 45 p. 155) erhält. Die wasserreiche Mittelschicht quillt sehr stark, die beiden wasserarmen nur wenig. Dem Hofmeister'schen Bilde, das nach einem mit Kupferoxydammoniak behandelten Präparate entworfen ist, müsste noch eine ganz zarte Cuticula auf der Aussenseite hinzugefügt werden, wollte das Präparat völlig denjenigen entsprechen, die ich unter Schwefelsäure für Oedogonium tumidulum erhielt. Unter concentrirterer Schwefelsäure kann dann die Quellung bis zum Schwinden der Schichtung gesteigert werden, betrifft aber zunächst nur die Schichten zwischen Kappe und Scheide, in nur sehr geringem Maasse die innerhalb derselben. Dieselbe Erfahrung hat Hofmeister für Kupferoxydammoniak gemacht.

Bei starker Quellung pflegen sich die Schichten unterhalb der Kappe in den Raum derselben hineinzuwölben, wie es meine Figuren 48 und 49 Taf. IV. zeigen.

Bei alten, sich stark verdickenden Ruhezellen sind sehr zahlreiche Schichten, schon ohne alle künstlichen Mittel, nur bei Anwendung hinlänglich starker Vergrösserung wahrzunehmen. Dieselben sind alle aus der ursprünglichen Innenschicht entstanden. Ich habe in Fig. 47 ein Stück einer solchen alten Zelle abgebildet, bei der ausserdem der interessante Fall eingetreten war, dass die Streckung der Ringmembran auf halbem Wege stehen blieb und die Entwicklung der Querwand gar nicht erfolgte.[1]) Dieser Fall ist noch weiter merkwürdig durch die Dicke der ursprünglichen Mutterzellwand. Ich muss es freilich dahingestellt lassen, ob diese Verdickung nach dem Theilungsversuche nachträglich durch innere Spaltung vor sich ging, oder ob sich eine so stark verdickte Zelle zu theilen versuchte und eben auch daher die Theilung misslang.

Nicht selten begegnet man übrigens Fällen, wo ein Ring gebildet worden, es aber gar nicht bis zum Aufreissen der Zelle, und zur Theilung derselben kam. Verdickt sich später eine

[1]) De Bary hat auch Fälle beobachtet, wo die aus dem Ring hervorgehende Membran ganz normal entwickelt wurde, trotzdem eine Theilung der Zelle nicht erfolgte. Abh. d. Senkbg. Gesell. Bd. I p. 46.

solche Zelle, so wird der Ring in die Verdickungsschichten aufgenommen (Fig. 42). Man sieht dann die innersten Schichten der Wand über denselben continuirlich verlaufen, ihn selbst aber zwischen den Verdickungsschichten eingeschlossen. Man könnte hierin einen Beweis für Wachsthum durch Apposition erblicken, doch lässt sich, und das wollte ich nur hervorgehoben haben, die Erscheinung auch anders deuten. Solche unbenutzt gebliebenen Ringe werden nämlich zunächst mit ihrer Aussenseite der Zellwand angepresst, verschmelzen, namentlich an den Rändern, mehr oder weniger mit dieser, und dann wird ihre Innenfläche, gleich der Innenfläche der ganzen Zellwand, ernährt und können von derselben nunmehr auch Schichten abgespalten werden. Diese Schichten sind aber in Folge der, jetzt der übrigen Zellwand gleichenden Ernährung, dichter als die von ihnen einschlossene innere Masse des Ringes, also auch von derselben optisch verschieden. Dass die Seitenwand hier sonst durch innere Spaltung sich schichtet, folgt wohl aus ihrem vorhin beschriebenen Verhalten auf dreischichtigem Zustande (der ursprünglichen Innenschicht). Doch hebe ich nochmals hervor, dass ich die hier gewonnenen Resultate durchaus nicht ohne weiteres zu verallgemeineren beabsichtige, mich damit begnüge, die Art des Zellhautwachsthums hier zu schildern, ohne die Fälle, wo es durch Apposition erfolgen soll, damit schon in Frage zu stellen.

Ich habe mir auch bei *Spirogyra orthospira* und *Ulothrix zonata* Rechenschaft darüber zu verschaffen gesucht, wie sich die bereits differencirten Schichten der Seitenwand beim weiteren Wachsthum verhalten. Nur die Innenschicht grenzt an den protoplasmatischen Inhalt der Zelle, von dem sie direct ernährt werden kann, die beiden äussern Schichten werden durch diese innere vom Inhalt getrennt. Sie werden trotzdem nicht dünner noch minder dicht, während die Zelle wächst. Sie müssen also auf irgend welche Weise ernährt werden.

Diese Ernährung könnte nun in zweifacher Weise gedacht werden. Entweder nämlich als eine blosse Ergänzung durch

Hinzunahme und entsprechende Veränderung der äussersten Lage der nächst innern Schicht, oder aber als eine wahre Ernährung durch Intussusception und zwar dann durch die innere resp. die inneren Schichten hindurch. Der letztere Fall dürfte hier der allein giltige sein, denn die drei Schichten zeigen stets gleich scharfe Contouren gegen einander, so dass an einen allmäligen Uebergang der innern in die äussern nicht zu denken ist. Im Allgemeinen hält bei den beiden, hier in Frage stehenden Algen die Ernährung der Seitenwand ihrem Wachsthum das Gleichgewicht, so dass kaum merkliche Schwankungen sich in Betreff der Dicke der ganzen Wand und der einzelnen Schichten derselben im ganzen Verlauf eines Fadens feststellen lassen.

Nur ausserhalb der Einfügungsstellen der Querwände gehen insofern Veränderungen vor sich, als hier die Ernährungsverhältnisse anders geworden. Das vom Zellinnern abgesonderte Stück der Innenschicht wird, da es stark gedehnt, und nicht in der entsprechenden Weise ernährt wird, immer dünner, bis es, wie es scheint, sich völlig auskeilt. Das die Mittelschicht in dem erweiterten Rande der Querwand repräsentirende innere Dreieck stösst dann mit seiner Grundlinie an die Mittelschicht der Seitenwand an und beide Mittelschichten gehen nun continuirlich in einander über. Bei Ulothrix wird dann noch über ganz alten Querwänden ein mittelerer, die Grundlinie unter rechtem Winkel schneidender Theil der Dreiecksubstanz, der bis an die Cuticula anlehnt, so weit chemisch verändert, dass er farblos bleibt, während die angrenzende Mittelschicht mit Chlorzinkjod sich bläuet.

Spirogyra nitida Kg.[1]) (Taf. IV, Fig. 28—33) mit noch grösserem Kern als Spirogyra orthospira, einem Kern, der ausserdem im optischen Durchschnitt fast quadratisch erscheint und ein schönes grosses centrales Kernkörperchen führt, zeigt ganz die nämlichen Theilungsvorgänge wie Spirogyra orthospira. Ich begnüge mich damit hier einige Entwicklungszustände in Abbil-

[1]) Oder jedenfalls eine der bei Kützing (Tabulae physologicae V, Taf. 27) unter diesem Namen abgebildeten sehr nahe Form.

dung zu geben, ich wählte dieselben so, dass sie diejenigen der Spirogyra orthospira ergänzen.

An einigen Spirogyren mit verdecktem Kern habe ich die Theilung ebenfalls verfolgt und kann von denselben aussagen, dass sie ihre neuen Querwände ganz in derselben Weise wie die Formen mit sichtbaren Zellkernen bilden.

Auch bei den *Zygnema-Arten* geht die Theilung in wesentlich derselben Weise wie bei Spirogyren vor sich,[1]) doch lässt sie sich nur schwer verfolgen. Sicher ist, dass der Zellkern sich wie bei Spirogyren theilt;[2]) das Auseinanderrücken der beiden Hälften und die Ausbildung der Tochterkerne wird aber durch den Zellinhalt verdeckt. Bekanntlich führt jede Zygnemazelle zwei sternförmige Chlorophyllkörper, die in ihrem Innern je einen s. g. Amylonkern einschliessen.[3]) Diesen Chlorophyllkörpern müssen die sich von einander entfernenden Kernhälften seitlich ausweichen. Sie rücken zwischen die grünen Strahlen hinein, durch welche diese Körper am Wandprotoplasma befestigt sind; sie halten sich dabei, wie es scheint, beide an derselben Wandseite. Die Querwandbildung folgt alsbald den ersten Vorgängen in der Kernmasse und, wenn ihre Bildung fast vollendet, verdoppeln sich auch die beiden s. g. Amylonkerne. Da zerfällt jeder Chlorophyllkörper in zwei Hälften, welche auseinanderweichen; zwischen diese Hälften rückt nun der neue Zellkern hinein und bleibt dort in einer Protoplasmabrücke suspendirt.[4])

[1]) Auch hier habe ich die Theilungen künstlich auf den Tag verlegt dadurch, dass ich die Pflanzen des Nachts niedrigen Temperaturgraden aussetzte.

[2]) De Bary Conjugaten p. 11 lässt den Zellkern völlig schwinden, die Protoplasmabrücke zwischen den beiden seitlichen, sternförmigen Massen schmäler werden, bis sie sich zuletzt zu einem feinen Faden auszieht, welcher endlich in zwei Hälften auseinanderreisst, deren jede in den entsprechenden grünen Stern überfliesst.

[3]) Vergl. Pringsheim Pflanzenzelle Taf. III, Fig. 10—14.

[4]) Vergl. Pringsheim l. c. Taf. III, Fig. 10—15 nebst Figurenerklärung p. 87. Pringsheim spricht sich über das Verhalten des Kerns nicht aus. Nach de Bary l. c. p. 11 erscheinen die neuen Zellkerne erst in den Querbrücken zwischen den verdoppelten Chlorophyllsternen.

Ich habe Zygnema-Fäden während der Theilung in absoluten Alcohol eingelegt, um mich über den Bau und den Theilungsvorgang der s. g. Amylonkerne orientiren zu können. [1]) Letzteres gelang auch beim Alcohol-Material erst dann, wenn ich die in Glycerin eingelegten Zellen mit Kalilauge behandelte. Da quellen nämlich alle Stärkekörner, welche die Chlorophyllkörper undurchsichtig machten auf: sowohl die kleinen Stärkekörner, die zerstreut in dem sternförmigen äusseren Chlorophyllprotoplasma liegen, als auch die grossen Stärkekörner in den s. g. Amylonkernen. Die s. g. Amylonkerne geben sich dann aber sofort als echte Chlorophyllkörner zu erkennen. [2]) Im Innern bestehen sie aus fester Protoplasmamasse und haben auch eine Wand aus Protoplasma aufzuweisen; zwischen beiden liegen aber die, freilich vor der Behandlung mit Kalilauge zu untersuchenden, relativ grossen Stärkekörner zu einer einfachen concentrischen Schicht in radialer Stellung angeordnet. [3]) Diese s. g. Amylonkerne unterscheiden sich also nicht wesentlich von so manchen andern, viel Stärke führenden Chlorophyllkörnern, nur die concentrische Anordnung der Stärkekörner und die fest bleibende Mitte werden zu einer besonders charakteristischen Eigenschaft dieser Körner.

Die s. g. Amylonkerne in den Chlorophyllbändern der Spirogyra sind ähnlich gebaut. Auch sie bestehen aus einer festen Mitte, aus Stärkekörnern, die entweder zu einem Ringe verschmolzen oder doch zu einem Ringe unregelmässig angeordnet die Mitte umgeben und aus einer festen Hautschicht. Mittlere Masse wie Hautschicht sind bei Spirogyra sowohl, als auch bei Zygnema, dunkler grün als das umgebende Protoplasma gefärbt; daher habe ich auch schon bei Spirogyra diese Gebilde als Chlorophyllkörner bezeichnet. [4])

Bei vorsichtiger Behandlung des mit Alcohol entfärbten Ma-

---

[1]) Die ersten Angaben über den Bau und die Verbreitung dieser Körper finden sich bei Braun Verjüngung p. 211.

[2]) Als solche auch von Naegeli schon bezeichnet und eingehend beschrieben (Stärkekörner 1858 p. 401 u. ff.).

[3]) Wie dieses auch de Bary schon angiebt Conjugaten 1858 p. 9.

[4]) Vergl. darüber auch Cramer in Naegeli Stärkekörner p. 403.

terials mit Jod, kann man sich, wie das de Bary [1]) und Naegeli [2]) bereits zeigten, überzeugen, dass sowohl bei Zygnema als auch bei Spirogyra die festen Kerne und die Wand der in Frage stehenden Chlorophyllkörner gelbbraun gefärbt werden, die Stärkeeinschlüsse selbstverständlich blau.

Durch die in der Kalilauge quellenden Stärkekörner wird die Wand der Chlorophyllkörner bedeutend gedehnt; sie nehmen bei Zygnema oft das Vielfache ihres ursprünglichen Volumens ein. Jetzt, wo alle Details des Innern der Chlorophyllkörper zugänglich werden, sieht man, dass es eine gar nicht so seltene Erscheinung ist, dass mehr denn ein Chlorophyllkorn in einem Chlorophyllstern eingeschlossen sei. Ich habe deren zwei: hinter-, über- oder nebeneinander gesehen, auch vier: in demselben Querschnitt, oder zu zwei neben einander, ja selbst acht. Hat man diese Fälle hier erst richtig erkannt, so gelingt es, sie auch an frischem Material aufzufinden. Bei der Theilung wird nun der centrale Kern der Chlorophyllkörner in der Richtung der Längsaxe der Zelle verlängert, dann in der Mitte biscuitartig eingeschnürt, bei fortschreitender Einschnürung endlich in zwei Theilhälften zerlegt. Ist dies geschehen, so sieht man auch in der gleichen Theilungsebene eine Trennungsschicht sich ansammeln, welche an die peripherische Wandschicht ansetzend, den Innenraum in zwei Hälften zerlegt. Innerhalb dieser Schicht erfolgt dann die Trennung der beiden Chlorophyllkörner.

Wo mehrere Chlorophyllkörner in den Stern eingeschlossen sind, entstehen sie in gleicher Weise aus einander.

Vergleichen wir den hier eben geschilderten Theilungsvorgang mit dem sonst für Chlorophyllkörner bekannten [3]), so finden wir zunächst, dass hier der centrale Theil des Kornes sich, so wie sonst das ganze Korn, theilt; die Theilung der Peripherie muss aber als eine besondere Anpassung des Vorgangs an die

---

[1]) l. c. p. 2.

[2]) l. c. p. 402.

[3]) Vergl. Hofmeister Pflanzenzelle p. 372; Kny Bot. Zeitung 1872 p. 14.

fast völlige Aushöhlung des Korns durch die Stärkekörner angesehen werden.[1])

Jedenfalls liegt hier ein Process vor, der sich nur als eine Zerlegung der gewöhnlichen s. g. Einschnürung in zwei gesonderte Vorgänge auffassen lässt.

Die Chlorophyllkörner in den Bändern der Spirogyra scheinen sich nur äusserst selten zu theilen, es werden vielmehr neue Körner im Bande zwischen den vorhandenen angelegt. Ihre Entwicklungsgeschichte hat bereits de Bary (Conjugaten p. 2) ausführlich gegeben, ich verweise auf dieselbe.

Schon aus Pietät fühlte ich mich veranlasst, den Theilungsvorgang auch bei *Cladophora* zu studiren, als derjenigen Pflanze, an der die Zelltheilung überhaupt 1835 durch v. Mohl[2]) zum ersten Mal verfolgt worden war. Seitdem ist auch kaum eine andre Pflanze so oft wie jene auf diesen Vorgang hin untersucht worden. Es hängt das, ausser der grossen Verbreitung und der äusserst leichten Cultur der Cladophoren, auch noch mit dem Umstande zusammen, dass man bei denselben leicht, fast zu jeder Tageszeit, Theilungszustände auffinden kann.

Die Cladophoren besitzen keinen Zellkern, wenigstens habe ich bei den drei untersuchten Arten: Cladophora fracta Kg., glomerata Kg. und fasciculata Kg., trotz aller angewandten Mittel nie einen solchen finden können. — Ich will hier den Zellinhalt und die Zelltheilung bei Cladophora fracta eingehender schildern.

Unter der sehr dünnen Hautschicht liegt bei derselben, wie sonst Regel, die Körnerschicht mit den Chlorophyllkörnern, die hier in mancher Beziehung an diejenigen der Spirogyra erinnern und einzeln in kleinen, grünen, unregelmässig contourirten Protoplasmaplatten liegen. Jene Platten entsprechen jedenfalls den Bändern

---

[1]) Die Theilungsvorgänge an andern ähnlich ausgehöhlten Chlorophyllkörnern sind übrigens noch nicht verfolgt worden, und dürften wohl Aehnliches ergeben.

[2]) Ueber die Vermehrung der Pflanzenzellen durch Theilung. Dissertation vom Jahre 1835, umgearbeitet in den Vermischten Schriften p. 362 ff. 1845.

von Spirogyra. Nicht alle Platten enthalten Körner, vielmehr nur ein geringerer Theil derselben. Sie liegen dicht an einander, nur durch äusserst schmale, farblose Zwischenräume von einander getrennt und verleihen so der Chlorophyllschicht eine wie gepflasterte Oberfläche. Von der Körnerschicht der Wand entspringen auch feine Platten farblosen Protoplasmas, die in das Innere der Zelle hineinragen und hier an andere anlehnend, im optischen Durchschnitt ein Netzwerk darstellen, in Wirklichkeit das Zellinnere in zahlreiche polyedrische Kammern theilen.[1]) Auch in diesen inneren Platten sind einzelne, oft zahlreiche Chlorophyllkörper vertheilt. Zwischen den Chlorophyllkörpern der Körnerschicht findet man nicht selten bei Cladophora fracta auch einzelne, im Allgemeinen halbkugelige Anhäufungen körnigen Protoplasmas, die im ersten Augenblick durchaus an Zellkerne erinnern. Sie kehren ihre flache Seite der Zellwand zu und senden zahlreiche feine Pseudopodien von ihren Rändern aus, mit welchen sie an der Umgebung festhalten. Sie färben sich mit Jod gelbbraun. Die Stelle eines solchen Protoplasmaknotens markirt sich meist äusserlich schon als hellerer Fleck; dass es keine Zellkerne sind, folgt unmittelbar aus der Thatsache, dass sie in Mehrzahl in den Zellen zu finden sind. Ich zählte in einem Falle derselben acht. Sie lassen sich in ganz gesunden Zellen, auch in solchen finden, welche in Theilung begriffen sind, so dass sie sich weder als krankhafte Bildungen, noch als Parasiten deuten lassen. In inhaltsarmen Zellen sind sie freilich besonders leicht zu sehen und habe ich sie denn auch mit einer solchen Zelle abgebildet in Fig. 1 der Tafel V. Zu gewissen Zeiten fand ich sie sehr häufig, zu anderen wieder nur äusserst spärlich, möglich, dass ihr Auftreten durch bestimmte Culturverhältnisse veranlasst oder doch begünstigt wird. Bei Cladophora glomerata und fasciculata habe ich diesen vielleicht entsprechende Gebilde zwischen Chlorophyllkörpern eingeschlossen gesehen, doch nie in der Weise frei entwickelt wie bei Cl. fracta.

Es theilen sich bei Cladophora fracta, ganz so wie bei den

[1]) Vergl. auch Hofmeister Pflanzenzelle p. 38.

anderen Arten dieser Gattung, nicht nur die Endzellen der Fäden, sondern auch ältere Gliederzellen derselben.

Die sich theilenden Zellen (Taf. V, Fig. 2—4) sind schon bei schwacher Vergrösserung aufzufinden, so auffallend ist die Einschnürung der chlorophyllführenden Schicht, oder vielmehr das Auftreten des hellen Ringes, der diese Schicht umgiebt, an den Theilungsstellen. Das sind nun aber freilich schon ziemlich weit vorgerückte Entwicklungszustände, die so stark in die Augen fallen; nach den jüngsten muss nun weiter bei stärkerer Vergrösserung gesucht werden. Die leicht bemerkbaren, älteren Zustände zeigen uns aber sofort an, ob überhaupt auf Theilungen in dem gegebenen Augenblicke zu hoffen sei, da auch hier sich selten nur ganz vereinzelte Zellen theilen, vielmehr, wenn für die Theilung günstige Bedingung vorhanden, gleichzeitig eine grössere Zahl derselben.[1]) Der Vorgang beginnt mit einer ganz schwachen ringförmigen Ansammlung farblosen Protoplasmas und einem entsprechenden Zurückweichen der Chlorophyllschicht. Sofort beginnt auch die ringförmige Anlage der neuen Querwand,[2])

[1]) Auf diesen Umstand hat früher schon Pringsheim hingewiesen Pflanzenzelle p. 79.

[2]) v. Mohl erklärte in der Dissertation von 1835 (abgedruckt Flora 1837) die Theilung der Zelle der Cladophora glomerata für eine Abschnürung des Zellinhaltes durch das Einwärtswachsen einer, von der Zellwandung ausgehenden Scheidewand. In der Umarbeitung der Dissertation in den Vermischten Schriften, 1845 p. 369, hielt er die junge Anlage der Querwand für eine Falte des Primordialschlauches, von dem die ganze Theilung ausgeht. Die Zellmembran sollte noch vor vollendeter Abschnürung an der ganzen Oberfläche des Primordialschlauches gebildet werden, also auch an der Abschnürungsstelle die Falte des Primordialschlauches auskleiden, somit an dieser Stelle von Anfang an doppelt sein. Nach Mitscherlich (mit Zuziehung des Herrn Lasch, seines Gehilfen) (Bericht üb. d. Verh. d. Kgl. Pr. Ak. d. Wiss. z. Berlin 1847) trennt sich die gelatinöse Masse etwas von der Zellwand und an dieser bildet sich zuerst ein kleiner Ring; die gelatinöse Masse wird immer mehr zurückgedrängt, sie geht auseinander und trennt sich, während dem die Bildung der Zwischenwand vorschreitet. Diese Wand ist eine Neubildung und nicht etwa eine Einschnürung; sie bildet im Beginn eine ganz dünne Membran, an diese legt sich nun mehr Cellulose, und es erscheint später jede Zelle mit ihrer eigenen Wand, die da, wo sie die Wand der Mutter- und der Nebenzelle berührt, von dieser absteht. Thuret bildete 1850 (Ann. d. sc. nat. Bot. 3me T. XIV, Pl. 16, Fig. 17) eine in Theilung begriffene Zelle von Cl. glomerata ab, ohne auf

die eben so scharf wie bei Spirogyra an die Mutterzellwand ansetzt. Auch hier wandern an der Hautschicht des Wandprotoplasmas entlang kleine Körner nach der Bildungsstätte der Querwand hin, auch hier sammeln sie sich an der innern Kante derselben an, doch geschieht beides in viel spärlicherer, daher auch weniger auffälliger Weise als bei Spirogyra. Dafür ist hier viel mehr farblose Flüssigkeit, wahrscheinlich sehr wasserreiches Protoplasma [1]) vielleicht noch mit Kohlenhydraten in Lösung, um die junge Scheidewand angesammelt, daher der so auffallend starke helle Ring um die eingeschnürte Chlorophyllschicht. Die Hautschicht selbst liegt der Mutterzellwand und der jungen Querwand überall fest an. Es scheint freilich oft, als wenn das nicht der Fall wäre, indem man nämlich deutlich in der farblosen peripherischen Masse eine eingebuchtete Linie erblickt, welche die Mutterzellwand zu beiden Seiten verlassend, nach der innern Kante der Querwand läuft (Taf. V, Fig. 2). Anwendung von Zuckerlösung zeigt aber sofort, dass diese Linie nicht den Rand der Hautschicht repräsentirt,[2]) denn letzterer tritt, ganz

---

die Deutung des Vorgangs einzugehen. Pringsheim wies dann (1854) gegen v. Mohl's letzte Auffassung nach, dass »in jedem, auch dem jüngsten Theilungsstadium immer schon eine zarte Zellstoffzwischenwand vorhanden sei« l. c. p. 21. Diese ist zwar einfach, doch hält Pringsheim sie aus anderen Gründen für eine Einfaltung der innersten Schicht der Zellwandung, von der die Theilung ausgeht. Nach Naegeli Pflanzenphys. Unters. (1855) Heft I p. 15, scheidet der Primordialschlauch an einer ringförmigen Stelle Cellulose aus. Indem diese Ausscheidung fortdauert, bildet sich eine ringförmige Platte, welche den Primordialschlauch immer tiefer einfaltet. Er verweist auf Cladophora glomerata und divaricata Taf. IV, Fig. 3–11. Im Jahre 1855 giebt v. Mohl in der Bot. Zeitung Sp. 734 zu, dass, »sobald auch nur die kleinste Einfaltung des Primordialschlauches vorhanden ist, in derselben der Anfang einer aus Cellulose gebildeten, aus einer einspringenden Falte der innersten Schichte der Zellwand gebildeten Scheidewand liegt« Dippel (Mikroskop p. 51) stellte sich neuerdings (1869) für Cladophora glomerata fast vollständig auf den v. Mohl'schen Standpunkt der Verm. Schriften.

[1]) Pringsheim bezeichnet sie als farblose Masse von schleimiger Consistenz (die Hautschicht) l. c. Figurenerklärung. Naegeli als verdünntes Protoplasma l. c. p. 46.

[2]) Pringsheim scheint sie für den Rand selbst gehalten zu haben, denn er sagt in der Figurenerklärung zu Cladophora: »Meist scheint diese Masse

wie zuvor, auch aus den beiden Winkeln zurück, die Mutterzellwand und Querwand mit einander bilden. Die eingebuchtete Linie entspricht nur schmalen Protoplasmafäden oder Protoplasmaflächen, die sich in der dünnflüssigen Substanz um die Querwand differencirt haben und, mit Umgehung des Winkels, die Seitenwand mit der Innenkante der Querwand verbinden. Auf diesem kürzesten Wege schreiten jetzt die Ströme fort und führen kleine Körner der Innenkante zu, während man solche Körner im Winkel an der Hautschicht nur noch ganz vereinzelt wandern sieht.

Bei Anwendung wasserentziehender Mittel überzeugt man sich auch leicht von der geringen Dichte der die Querwand umgebenden Substanz. Sie setzt dem Rückzug der Hautschicht auf die Chlorophyllschicht kaum Widerstand entgegen, und ist endlich die Schicht farblosen Protoplasmas über der Chlorophyllschicht nach vollzogener Contraction über jener Stelle nur um ein Weniges stärker als an anderen Orten.[1])

Der chlorophyllhaltige Zellinhalt wird immer tiefer eingeschnürt (Taf. V, Fig. 4 u. 3). Das Verbindungsstück der beiden Schwesterzellen wird immer enger; es erscheint grün, wenn einzelne peripherische oder innere Chlorophyllkörper in dem Zwischenstück sich vorfinden, oder farblos, wenn sie alle aus demselben ausgewandert sind. Da das ganze Innere hier von Protoplasmaplatten durchsetzt ist und so das Zelläussere und das Zellinnere gleichsam einen einzigen zusammenhängenden Körper bildet, so wird hier die wandständige Chlorophyllschicht auch nicht in der Weise für sich durchschnitten wie bei Spirogyra, vielmehr geht eine zusammenhängende Einschnürung des

(die Hautschicht) ebenso, wie die Körnerschicht, mit Freilassung eines kleinen äussersten Raumes sich etwas einzubiegen.« So auch die Figuren.

[1]) Soll gleichzeitig die junge Querwand unversehrt stehen bleiben, so dürfen nur indifferente wasserentziehende Mittel angewandt werden. Schon Pringsheim zeigte, dass stärkere Säuren, Chlorzinklösung etc. die junge Scheidewand hier lösen, l. c. p. 23. Hofmeister fasst dieses folgendermaassen zusammen: »Essigsäure, Lösung von Jodmetallen, von Chlorcalcium, selbst von säurehaltigem Glycerin machen die Ringleiste aufquellen und entziehen sie der Beobachtung: sehr leicht bei Cladophora fracta, etwas schwieriger bei Cl. glomerata; noch widerstandsfähiger ist ihre Substanz bei den Spirogyren.« Pflanzenzelle p. 111.

ganzen, der Körnerschicht des Protoplasmas angehörigen Systems der Zelle vor sich (Taf. V, Fig. 3). Gleichzeitig setzt die farblose, im Ring angesammelte Masse hier mehr Resistenz dem Vordringen der Chlorophyllschicht entgegen, oder richtiger, sie kann hier durch diese geschlossene Schicht nur langsamer diffundiren als bei Spirogyra, wo diese Schicht unzusammenhängend ist, ja nur aus einzelnen Bändern besteht. Daher sieht man denn hier nach vollendeter Trennung des körnigen Inhaltes beider Zellen, und nach vollendeter Bildung der Scheidewand den grüngefärbten Inhalt der beiden Zellen noch eine Zeit lang von der Querwand fernbleiben, und diese daher auch nach ihrer Vollendung, zunächst noch beiderseits, von der farblosen dünnflüssigen Substanz umgeben. Erst allmälig wird diese in das Zelllumen aufgenommen und die Chlorophyllschicht der Querwand genähert. Zu der Zeit etwa, wo die Querwand auf zwei Drittel ihres Weges vorgedrungen ist, sieht man statt der früheren, scheinbar nur eine einzige Einbuchtung bildenden Ströme, solche in grosser Zahl unregelmässig anastomosirend die farblose Substanz durchsetzen und in ihnen nun die einzelnen Körnchen wandern (Taf. V, Fig. 3).

Die junge Querwand reicht auch hier während ihrer Bildung mit der innern Kante bis auf den Grund der Rinne, die von der Hautschicht gebildet wird (Fig. 2, 3, 4). Von der eingeschnürten Körnerschicht wird letztere aber, wie bei Spirogyra, durch einen Ring dichteren Protoplasmas der öfters an den in demselben angesammelten, wenn auch spärlichen Körnchen zu erkennen ist, geschieden. Dass die Körnerschicht hier auch nur mechanisch eingedrückt wird, darauf hat schon Naegeli[1]) hingewiesen. Wie leicht dieselbe sich hier von der Hautschicht trennt, zeigt aber auch die, in sich nicht eben theilenden Zellen häufige Erscheinung, dass die grüne Schicht auf grössere oder geringere Strecken hin, von der Hautschicht zurücktritt und der Raum zwischen beiden sich ebenfalls mit dünnflüssiger Substanz füllt.

Die werdende Querwand ist bei Cladophora fast ebenso dünn,

---

[1]) l. c. p. 46.

wie bei Spirogyra, auch ist sie eben so einfach und lässt sich durch keinerlei künstliche Mittel in zwei Blätter zerlegen.[1]) Die Verdickung der Querwand am Insertionsrande beginnt ziemlich frühzeitig, oft noch vor vollendeter Theilung (Taf. V, Fig. 3).

Die unvollendeten Theilungen, die in Gestalt von Falten bei Cladophoren nicht selten vorkommen, haben Pringsheim mit zur Aufstellung der Theorie von der Faltung der innersten Membranschicht als Theilungsmotor veranlasst. Diese s. g. Falten waren aber bereits 1847 von Mitscherlich,[2]) freilich den damaligen Vorstellungen über das Wachsthum der Membran gemäss, richtig gewürdigt worden. Die Scheidewand war nach seiner Auffassung eine Neubildung und nicht etwa eine Einschnürung. Zuweilen geschehe es nun, meinte er: dass sich die Zellwand nur zur Hälfte oder nur auf einer Seite entwickelt; dann finden spätere Ablagerungen auf diese Bildung statt und, wenn man nicht die Entwickelung der Membran fortdauernd unter dem Mikroskop verfolgt hatte, könnte man diese Bildung für beginnende Ein- und Abschnürungen halten. — Unsere Erklärung der Falten muss aber jetzt etwa lauten[3]): dass die junge, unvollendete, oder nur einseitig entwickelte Querwand sich bei weiterem Dickenwachsthum in drei Lamellen spaltet; die mittlere, bei fortgesetztem, hier oft auch an der Einfügungsstelle nicht sistirtem Längenwachsthum der Seitenwand stark gedehnt, ja, wenn sich ein Intercellularraum bildet, selbst ganz unkenntlich gemacht werden kann. In Folge des an den Insertionsstellen fortgesetzten Längenwachsthums der Seitenwand können auch eventuell noch spätere, durch Spaltung entstandene Schichten von einander getrennt werden, jede Schicht dann auch weiter für sich wachsen und secundäre Falten innerhalb der anderen bilden, so wie es in der Fig. 19 auf Taf. I, in dem Werke über die Pflanzenzelle, von Pringsheim für eine Zelle von Cladophora fracta abgebildet wurde. Die obige Deutung gilt natürlich nur für solche »Falten« der

---

[1]) Dass sich die junge Querwand hier nicht künstlich in zwei Blätter zerlegen lässt, hebt auch Pringsheim hervor. l. c. p. 26.

[2]) Bericht der Berl. Acad. 1847 p. 434.

[3]) Vergl auch Hofmeister Lehre von der Pflanzenzelle p. 111 u. f.

Zellwand, die wirklich an unvollendeten Scheidewänden ihren Anfang genommen, lassen aber etwaige Fälle unberührt, wo in der That wirkliche abnorme Faltungen der Innenschicht der Membran vorliegen.[1])

Wie wir aus obiger Schilderung ersehen, schliesst die Zelltheilung bei Cladophora fracta unmittelbar an diejenige bei Spirogyra an; nur der Zellkern fehlt. Schon bei Spirogyra war uns aber, im Vergleich mit den Zelltheilungen im Ei der Abietineen, die relativ grosse Unabhängigkeit aufgefallen, die Zellkern und Wandprotoplasma von einander zeigten. Sind wir doch bei Spirogyra ausnahmsweise normaler Theilung der Kerne, bei völlig ausgebliebener Theilung der Zellen begegnet.

Möglich also, dass uns in dem Theilungsvorgang der Cladophora kein ursprünglicher, sondern ein abgeleiteter Fall vorliegt, dass, nachdem hier beide Vorgänge der Kerntheilung und der Zelltheilung so unabhängig von einander geworden wie bei Spirogyra orthospira, der Zellkern als nunmehr für die Zelltheilung eigentlich überflüssig, mit der Zeit aus der Zelle völlig verschwand.

Solche Emancipation der Zelltheilung von dem noch vorhandenen Kerne, wie bei Spirogyra orthospira, ist uns aber auch sonst nur immer in Zellen mit relativ sehr grossem Lumen begegnet, wo das, wie ich meine, ursprüngliche Verhältniss von Zellkern und Wandprotoplasma bei der Theilung, durch die Vergrösserung des Lumens aufgehoben wurde. Ich hebe das ausdrücklich hervor, weil hieraus gleichzeitig hervorgeht, dass es entschieden unrichtig wäre, die eigentliche Beziehung des Zellkerns zur Zelltheilung aus letzterem Verhältniss beurtheilen zu wollen.

Den Fall einer Zelltheilung mit wandständigem Zellkern unter sonst ganz ähnlichen Verhältnissen wie bei Spirogyra bieten uns die *Ulothrix-Arten.*

Die Ulothrix, die ich zunächst (Ende November) aus der Schwarza geholt und in Glasgefässen untergebracht hatte, war

[1]) Normalerweise kommen bekanntlich solche Faltungen an den Querwänden einer ganzen Reihe von Spirogyren vor.

in denselben sofort erkrankt, so dass sie keine Zelltheilungen mehr zeigte. Das veranlasste mich Mitte Januar, bei eingetretenem Tauwetter, mir neues Material zu holen. Diesesmal wurden die etwas reducirten Pflänzchen, sammt dem Geröll, dem sie aufsitzen, sofort in flache Gefässe untergebracht und in der Vorhalle eines der Gewächshäuser unsers botanischen Gartens einem ununterbrochenen Wasserstrome ausgesetzt. Ich benutzte hierzu die durch diese Vorhalle durchgeleitete Quelle, und in dem rasch fliessenden Wasser derselben gediehen nun die Fäden längere Zeit sehr gut, ihre Zellen theilten sich reichlich und bildeten unzählige Schwärmsporen. Ich beobachtete Zelltheilung und Schwärmsporenbildung in den Vormittagsstunden. Die Pflanzen, die ich jetzt in Untersuchung hatte, gaben sich als typische Ulothrix zonata zu erkennen. Sie zeigten in ihren Zellen das bekannte, wandständige, breite Chlorophyllband, das mehrere stärkeführende Chlorophyllkörner eingelagert enthält; ausserdem den halbkugeligen, mit schönen centralen Kernkörperchen ausgestatteten, der Seitenwand mit der flachen Seite anliegenden Zellkern.[1])

An der Stelle, wo der Zellkern sichtbar wird, ist das Chlorophyllband gewöhnlich durchbrochen nur in selteneren Fällen überzieht es den Zellkern mit einer schwachen Schicht von der Innenseite und trennt ihn so vom Zelllumen.

Die Theilung beginnt mit der Vergrösserung des Zellkerns und dem gleichzeitigen Schwinden des Kernkörperchens. Die Contouren des Kerns werden minder deutlich, und man kann nun hin und wieder die Kernplatte in demselben auftreten sehen. Dieses gelingt natürlich nur, wenn der Zellkern der, dem Beobachter zugekehrten Seitenwand der Zelle anliegt.

Die Kernplatte ist stets quer zur Längsaxe des Fadens gestellt. In besonders glücklichen Fällen habe ich sie auch sich verdoppeln sehen, alsbald dann aber unkenntlich werden und nun

---

[1]) Vergl. unter anderem Naegeli, Die neuen Algensysteme p. 137; Dippel (Zelltheilung der Ulothrix zonata) Aus den Abh. d. Naturf. Ges. Halle Bd. X, Separatabdruck p. 4 und Cramer: Ueber Entstehung und Paarung der Schwärmsporen von Ulothrix. Aus der Vierteljahrsschrift der naturf. Ges. zu Zürich Bd. XV. Heft 2. Separatabdruck p. 3.

für eine Zeit lang sich der Beobachtung völlig entziehen. Gleichzeitig wird nun aber, was übrigens auch nicht immer leicht zu sehen, ein Körnergurt an der Hautschicht der Zelle gebildet. Die Körner, die sich in demselben ansammeln, sind nicht eben klein, doch nur schwach gegen seitwärts anstossende Körnchen abgegrenzt. Jetzt wird auch gleich eine leichte Einschnürung des grünen Inhalts bemerklich und bald lässt sich auch in dem, auf diese Weise entstandenen hellen Ringe, bei scharfer medianer Einstellung, der Beginn der Scheidewandbildung nachweisen. Dieselbe setzt hier in Gestalt einer dünnen Ringleiste eben so scharf und schmal an die Innenschicht der Seitenwand an, wie in den früher beschriebenen Fällen. Neutrale, wasserentziehende Mittel, vorsichtig angewandt, zeigen das auf das Bestimmteste. Die Bildung der Scheidewand hat aber kaum angefangen, so beginnen die Anlagen der beiden neuen Zellkerne wieder deutlicher zu werden. Sie sind etwa um zwei Drittel kleiner wie der ursprüngliche Mutterzellkern, und noch ohne Kernkörperchen; mitten zwischen ihnen haben sich Körnchen zu einer queren Platte angesammelt. Die, beide neuen Kerne etwa verbindenden Fäden sind hier nicht zur Anschauung zu bringen, wohl hin und wieder aber noch eine, die beiden Schwesterkerne verbindende tonnenförmige Gesammtcontour. Dieses etwa schon in drei Viertelstunden nach Schwinden der ursprünglichen Kernkörperchen, während eine Viertelstunde später dann auch die Kernkörperchen, hier sofort nur je eines, in den neuen Kernen sich zeigen.

Diese Kerne sind inzwischen auch bedeutend angeschwollen, jeder etwa auf zwei Drittel der Mutterzellkerngrösse, und haben sich nicht unbedeutend einander genähert. Es ist dies hier einfach Folge ihrer Vergrösserung, da sich ihre, von dem gemeinsamen Mittelpunkt abgekehrten Seiten gleichzeitig nicht verrücken.

Die Bildung der Scheidewand schreitet inzwischen langsam von der Peripherie nach der Mitte fort, durchschneidet das Clorophyllband und ist etwa nach weitern $1^1/_2$ bis $2^1/_2$ Stunden vollendet.[1])

[1]) Vergl. im Uebrigen Schacht Lehrbuch Bd. I p. 81 und Dippel l. c. und Mikroskop p. 51. Nach letzterem soll der beim Beginn der Theilung

Ueber das Verhalten des protoplasmatischen Inhaltes der Zellen von *Oedogonium tumidulum* bei der Theilung will ich hier nur einige wenige Bemerkungen einschalten, verweise im Uebrigen auf die ältern Beschreibungen dieses Vorgangs. Vorausgeschickt sei, dass diese Zellen zu einer jeden Zeit sich theilen können; ich habe sie des Vormittags so wie des Nachmittags beobachten können, vornehmlich aber des Nachts. Wenn man erst eine Zelle in Theilung gefunden, kann man auch auf andre rechnen, dagegen sollte man auf das weitre Suchen verzichten, wenn dies nicht alsbald gelungen.

Zunächst sammelt sich der körnige Inhalt der Zellen vornehmlich in deren oberem Theile an. Dann beginnt der parietale Zellkern, ohne die Wand der Zelle zu verlassen, sich zu vergrössern, indem gleichzeitig sein centrales Kernkörperchen schwindet. Dieses fällt bereits mit der Ringbildung zusammen.[1]) Die Vorgänge bei der Bildung der neuen Kerne werden hier grösstentheils durch den körnigen Inhalt der Zelle verdeckt, immerhin konnte ich mich überzeugen, dass sie nicht verschieden von denen bei Ulothrix sind. Die Tochterkerne entstehen wie dort in parietaler Lage.[2])

Zwischen denselben zeigt sich, meist erst mit Vollendung des Ringes, die protoplasmatische Trennungsschicht der Schwesterzellen.[3]) Ob dieselbe gleichzeitig die ganze Mutterzelle quer durchsetzt oder von der Peripherie nach dem Centrum in ihrer Bildung fortschreitet,[4]) schien mir von dem Umstande abhängig, ob das ganze Lumen der Zelle an dieser Stelle dicht mit Protoplasma erfüllt, oder ob letzteres durch Zellflüssigkeit unterbrochen war. An Alcohol-Präparaten[5]) ist hier aber wieder sehr schön zu sehen,

---

vorhandene Kern sich in zwei Tochterkerne abschnüren, die Einfaltung der Membran der Abscheidung der Zellstoffhülle oft bedeutend vorausgehen, letztere aber im Umkreise der ganzen Tochterzellen nicht allein in der Ringfalte erfolgen.

[1]) Hofmeister l. c. p. 103, Dippel Mikroskop p. 53.

[2]) De Bary Abhandl. d. Senkenberg. Ges. p. 39 u. f. u. Taf. II, Fig. 9 u. 10. Hofmeister l. c. p. 103.

[3]) v. Mohl Bot. Zeitung 1855 Sp. 729. Hofmeister l. c. p. 103.

[4]) Wie es Hofmeister will l. c. p. 103.

[5]) Am besten dann in Wasser zu untersuchen.

wie alsbald eine Reihe schwarzer Punkte die protoplasmatische Trennungsschicht durchsetzt. Damit beginnt jedenfalls die Bildung der beiden getrennten Hautschichten und auch nachweislich die Ausscheidung von Zellhautstoff zwischen beiden. Jetzt springt die Mutterzellwandung auf, und die Streckung der beiden Schwesterzellen geht in bekannter Weise vor sich. Während der Streckung wird aber in der Trennungsschicht die Cellulosemembran gebildet und von der unteren Zelle so weit gehoben, bis sie mit ihren Rändern die untere Einfügungsstelle des Ringes erreicht und nun mit jener verschmilzt (Fig. 45).

Die untere Zelle ist diejenige von beiden Schwesterzellen, die zunächst rascher wächst, dabei füllt sie sich in ihrem oberen Ende mit farbloser Flüssigkeit an, so dass solche hier den körnigen Zellinhalt von der jungen Membran trennt. Die ganze obere, bisher nur unmerklich verlängerte Zelle ist hingegen noch völlig mit körnigem Inhalte angefüllt, so dass letzterer auch unmittelbar an die junge Membran grenzt. Nach ihrer Befestigung an der Seitenwand wird letztere noch unter dem Drucke der Zellflüssigkeit der unteren Zelle etwas in die obere hinein gewölbt (Fig. 46, die Scheidewand hier durch künstlichen Druck zum Bersten gebracht).

Was mich veranlasste, die Bildung der Cellulosemembran noch während der Wandrung der Trennungsschicht, gegen die jetzt meist herrschende Ansicht,[1]) hier anzunehmen, war zunächst der Umstand, dass ich bei Oedog. tumidulum im optischen Verhalten dieser Haut kurz vor dem Erreichen des oberen Randes der Scheide einerseits und nach bereits erfolgter Einfügung an der Seitenwandung andererseits, auch mit den besten Systemen keinen Unterschied wahrnehmen konnte. Da mir aber zahlreiche, in den betreffenden Entwicklungszuständen fixirte Alcohol-Präparate zur Verfügung standen, so war ich in der That in der Lage, die Querwand auf ihrer Wanderung vergleichend zu studiren. Das nachträgliche Anwachsen der Querwand an die Seitenwandung hatte für mich aber nichts Unnatürliches, wenn ich bedachte, wie

[1]) De Bary Bot. Zeitung 1858 Beil. p. 80. Hofmeister l. c. p. 103.

die junge Querwand bei Spirogyra an die ganz alte Seitenwand der Zelle ansetzt, oder wie die inneren Kanten derselben Querwandanlage dort schliesslich im Mittelpunkt vereinigt werden. Ganz eben so brauchte hier nur so viel Cellulose am Aussenrande der jungen Querwand ausgeschieden zu werden, um ihre Vereinigung mit dem unteren Rande des gestreckten Ringes zu bewirken. Gegen die Annahme, als sei die sichtbare Abgrenzung bis zur Erreichung der Ansatzstelle nur Hautschicht, spricht auch der Umstand, dass dieselbe sich zuvor schon wie eine zarte Cellulosewand benahm, bei Anwendung wasserentziehender Mittel Falten schlagen konnte und gegen chemische Eingriffe sich alsbald resistenter zeigte als bei ihrem ersten Auftreten.[1])

Bliebe die Abgrenzung Hautschicht, so hätte sich auf der Wanderung kaum ihr Charakter wesentlich verändert; sie nimmt aber noch vor dem Erreichen ihres Zieles die scharfen Contouren und auch sonst, einer jungen, noch unfertigen Cladophora-Querwand ganz ähnliche Eigenschaften an.

Dass sie übrigens auch jetzt noch durch energische Eingriffe zerstört wird, hat sie auch nur mit jenen eben genannten Cellulosemembranen gemein. Aus allen diesen Gründen konnte hier überhaupt eine Controverse über die Natur dieser Haut bestehen, und hat denn namentlich schon Pringsheim ihre Existenz als Cellulosemembran sicher behauptet.[2]) Dasselbe geschah auch neuerdings wieder von Dippel,[3]) wobei freilich beide Forscher auch eine gleichzeitige Bildung von Zellhaut im ganzen Umfang der Schwesterzellen annahmen.

Mir galt es, was bisher noch von keiner Seite geschehen war, die Cellulosemembran zwischen den beiden Schwesterzellen noch während der Wanderung direct mit Chlorzinkjod nachzuweisen, enventuell mich vom Fehlen derselben auf solchen Entwicklungszuständen zu überzeugen. An frischen Objecten, das sah ich bald ein, war das gewünschte Ziel nicht zu erreichen. Die nur den Inhalt der Zelle durchsetzende Membran musste

[1]) Vergl. auch Pringsheim Pflanzenzelle p. 39.
[2]) l. c. p. 39 u. Jahrb. p. 15.
[3]) l. c. p. 53.

sich ja gleichzeitig mit jenem bei Anwendung von Chlorzinkjod contrahiren und die Reaction des Inhalts nun diejenige der Membran verdecken. Nicht so bei Alcohol-Präparaten. Da war der Inhalt in seiner Lage fixirt und zog sich auch unter der Einwirkung der Chlorzinkjodlösung nicht zusammen. Die junge Membran war aber hin und wieder auch von den Körnern der oberen Zelle etwas zurückgetreten und dann ganz frei zu verfolgen. Es zeigte sich jetzt, dass sich diese Membran in der That violett färbt; ja auch noch weitere Eigenthümlichkeiten. In der Höhe, wie in Fig. 44, Taf. IV, erschien die gefärbte Membran fast gleichmässig in ihrer ganzen Ausdehnung. In der Höhe wie in Fig. 43 dagegen mit körnigem oder perlschnurförmigem Durchschnitt. Ja die Celluloseausscheidung liess sich nunmehr bis auf ihre ersten Stadien zurückverfolgen. Kurz vor, oder gleich nach dem Aufspringen der Zelle konnte man sie in einer Reihe dunkelvioletter Punkte die Hautschichtplatte durchsetzen sehen. Die Zellstoffausscheidung folgt hier also jedenfalls sehr bald auf die Bildung der Hautschichtplatte und begleitet ihre Trennung in zwei Hälften. Um alle die vorhin geschilderten Färbungserscheinungen deutlich zu bekommen, muss aber die Chlorzinkjodlösung sehr langsam und nur in geringen Mengen zugesetzt werden. Die Trennungsschicht, der ersten Entwicklungsstadien namentlich, kann auch an Alcohol-Präparaten durch Quellung des übrigen Inhalts mehr oder weniger zerstört werden. Zu den beiden Seiten der jungen Membranen wird mit Chlorzinkjod ein schwacher brauner Saum sichtbar, in dem ich die anliegenden Hautschichten erkennen möchte, der sich auch ganz so wie die Hautschicht an der Seitenwandung verhält.

Alle Entwicklungszustände, die mir hier zu Gesichte kamen, so wie schon die Art der Entstehung der Zellhaut, weisen darauf hin, dass dieselbe hier gleichzeitig, in ihrer ganzen Ausdehnung gebildet werde. Wir haben es hier in dieser Beziehung jedenfalls mit einem ganz ähnlichen Vorgang zu thun, wie wir ihn bei den Theilungen im Ei der Abietineen beobachtet. [1])

[1]) Hofmeister lässt hingegen bei Oedogonien die Scheidewand erst auftreten, nachdem die Trennungsfläche beider Zellen eine kurze Strecke über

An der Stelle, wo die junge Querwand an den unteren Rand des auf diesem Entwicklungszustande noch vorspringenden, aus dem Ring hervorgegangenen, Membranhohlcylinders anstösst, verschmilzt sie, wie schon erwähnt, mit ihm, und der Verschmelzungsring zeichnet sich durch etwas stärkere Verdickung und Lichtbrechung alsbald vor der übrigen Zellwand aus (Fig. 46).

Unter den vielen Hunderten von Zellen, die ich im Theilungszustand sah, fand ich eine einzige, die sich in ganz ähnlicher Weise wie Spirogyra orthospira theilte. »Der abnorme Fall, dass eine Zelle sich in der gewöhnlichen Weise der Zellbildung, ohne Aufbrechen der Mutterzelle theilt,« schreibt Pringsheim,[1]) »gehört bei Bulbochaete zu den grössten Seltenheiten und kommt nur bei sehr alten Zellen vor; bei Oedogonium habe ich ihn niemals gesehen.« Es lag hier also ein höchst seltener Fall vor: die Zelle war noch jung; in der oberen der beiden sich bildenden Schwesterzellen auch ein Ring vorhanden; dieser war aber nicht zum Aufbrechen gekommen; in der Mitte der Länge der Mutterzelle sass die ringleistenförmig vorspringende Scheidewand der Mutterzellwand an und hatte etwa auf ein

---

den oberen Rand des Scheidentheils der Mutterzelle hervortrat, dieselbe setzt an das untere Ende des neu eingeschalteten Membranstücks rechtwinklig an und soll ihre Ausbildung von der Peripherie zur Axe der Zelle allmälig, wenn auch sehr rasch, vorschreiten. l. c. p. 104. Nicht uninteressant zur Beurtheilung dieses Verhältnisses dürfte es sein, dass de Bary zunächst in den Abhandlungen der Senkenbergischen Naturforsch. Gesellschaft Bd. I (1854—55) p. 43 ebenfalls behauptet hatte, die Scheidewand bilde sich hier nicht simultan in ihrer ganzen Fläche; bei Anwendung von Chlorzinkjodlösung sollte der contrahirte Primordialschlauch zuweilen deutlich mitten durch ein noch nicht vollkommen geschlossenes Dissepiment hindurchgehen. Es gelinge jedoch, der Querstreifen und des festen Anhaftens des Primordialschlauches an den Querwänden halber, nicht immer, ein deutliches Bild von dem Vorgang zu erhalten. — In der Botanischen Zeitung 1858 Beilage p. 81 schreibt dann hingegen derselbe Autor, die Art der Entstehung der Scheidewand hätte er bei den neuerdings angestellten Untersuchungem nicht ermitteln können. Sie entstehe jedenfalls sehr rasch, ob durch centripetales Wachsthum einer ringförmigen Hautlamelle oder gleichzeitig in ihrer ganzen Ausdehnung, müsse dahin gestellt bleiben. Uebrigens giebt auch hier Verfasser an, die Cellulosehaut ersetze die Protoplasma-Lamelle erst nach Ankunft derselben an der Scheidemündung.

[1]) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. I p. 16.

Drittel des Durchmessers in den Inhalt eingeschnitten. Die Zelle kam mir leider nicht frisch, sondern erst als Alcohol-Präparat zu Gesichte. Der Inhalt war an der Stelle der vordringenden Scheidewand so eingeschnürt wie bei Spirogyra, in dem Verbindungsstück beider Zellen keine vorgebildete Trennungslinie markirt. Die beiden neuen Zellkerne waren noch in einer tonnenförmigen, das Verbindungsstück seitlich passirenden Masse vereinigt. Die Zelle war relativ inhaltsarm.

Wir können wohl, meine ich, diesen Fall für einen atavistischen erklären, wie denn Alles auch sonst dafür spricht, dass wir in dem normalen Theilungsmodus der Oedogonien einen stark modificirten, doch aus der gewöhnlichen Zweitheilung der Conferven abzuleitenden Vorgang vor uns haben.

Einen höchst einfachen Vorgang der Zelltheilung ohne Zellkern habe ich in den schlauchförmigen Zellen der *Saprolegnien* verfolgen können. Bekanntlich strömt in das obere Ende des zunächst einzelligen Schlauches, soll dasselbe in ein Sprorangium oder Oogonium verwandelt werden, körniges Protoplasma, und wird dieses Ende schliesslich durch eine Scheidewand gegen den übrigen Schlauch abgegrenzt. Die ersten Beobachtungen über diese Erscheinung verdanken wir zunächst Unger [1]) und Naegeli, [2]) dann höchst eingehende Angaben Pringsheim, [3]) de Bary [4]) u. A. m. Unger meinte, dass heim Abschliessen des Zweigendes zum Sporangium nur eine einfache Scheidewand gebildet werde, Naegeli hingegen wollte diesen Vorgang als die Bildung einer die Endspitze des Schlauches völlig ausfüllenden Zelle gedeutet sehen. Pringsheim neigte letzterer Auffassung zu, [5]) mit der Ergänzung, dass die Scheidewand eine doppelte sei, die obere gehört dem ganzen Sporangium an, die untere dagegen sei nur

[1]) Linnaea 1843 p. 135.

[2]) Zeitsch. f. wiss. Bot. I, Heft 1 p. 102 1844 und Heft 3—4 p. 28 1846.

[3]) Die Entwicklungsges. d. Achlya prolifera N. Act. A. L. C. N. C. 23, 1. 1850 p. 400 u. a.

[4]) Bot. Zeitung 1852 Sp. 476.

[5]) l. c. p. 439.

eine Querwand, die nach der Bildung der Sporangienzelle entstanden, den unten liegenden Schlauchtheil von Neuem an seiner Spitze abschliesse. In seinen Untersuchungen über die Pflanzenzelle (p. 64 Anm. 2) fügt dann Pringsheim hinzu, dass die Wand, welche sich unterhalb der Querwand des Sporangium bildet und so den übrigen Theil des Schlauches wieder abschliesst, wahrscheinlich dadurch entsteht, dass sich eine Hautschicht unterhalb der Querwand des Sporangium ansammelt, die dann zur Membran erhärtet und sich genau an die Seitenwände des Schlauches anschliesst. — De Bary meint, der Inhalt theile sich zuerst, dann werde die Scheidewand in ihrer ganzen Ausdehnung auf einmal gebildet, sie entstehe durch das Zusammenstossen der, von dem Primordialschlauch abgesonderten Wandungen der beiden in der Mutterzelle entstehenden Tochterzellen. Bei Achlya prolifera kommen, nach de Bary, die beiden Tochterzellmembranen nie getrennt vor, bei Saprolegnia ferax dagegen nicht selten.

So verschieden konnten also die Auffassungen und Deutungen sein, die selbst ein scheinbar so einfacher Vorgang zulässt; die Deutungen freilich bestimmt durch die theoretischen Gesichtspunkte, welche jeden der genannten Forscher bei seinen Beobachtungen leiteten. Pringsheim giebt aber ausserdem noch an: die directe Beobachtung zeige das Auftreten einer scharfen Begrenzungslinie des, das Zweigende erfüllenden Protoplasmas, dort, wo dieses an den unteren leeren Schlauchtheil grenzt.

Ich habe nun gefunden, vornehmlich bei Saprolegnia ferax,[1]) dass nicht die ganze Protoplasmaanhäufung des angeschwollenen Sporangium oder Oogonium-Endes sich zu einer Zelle abgrenzt, vielmehr dass die Scheidewand stets innerhalb der dichten Protoplasmaanhäufung selbst gebildet wird: so, wie es ganz richtig eine neuerdings veröffentlichte Figur von Pringsheim (Taf. XIX Fig. 6 Jahrb. f. wiss. Bot. IX) für Oogonien von Achlya racemosa zeigt. Innerhalb der dichten Protoplasmaanhäufung, stets noch beträchtlich von der unteren Grenze derselben entfernt, geht bei

[1]) So muss ich die Species, den letzten Veröffentlichungen Pringsheim's über Saprolegnien Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. IX, p. 191 gemäss bezeichnen.

Saprolegnia ferax die Theilung vor sich. Es bildet sich hier eine farblose, dichtere Protoplasmaplatte von oft nicht unbedeutender Stärke und in dieser nun die Cellulosemembran von dem, uns schon bekannten, zunächst gekörnten Aussehen. Sie entsteht simultan, oder jedenfalls sehr rasch, durch den ganzen Querschnitt fortschreitend, ist zunächst sehr zart, bald aber stärker und wird dann von dem Sporangiuminhalt vorgewölbt. Ist letztres irgend wie auffallend erfolgt, so geschieht es wohl auch, dass der angrenzende Inhalt der Schlauchzelle aus den gebildeten Ecken im Umfange zurücktritt und sich seinerseits gegen die vorgewölbte Wand abrundet, was die Veranlassung zu der Annahme zweier Membranen an dieser Stelle wohl abgegeben hat. Jedenfalls sieht man aber, gleich nach Bildung der Membran, den der Schlauchzelle zugehörigen Theil des hier angesammelten Protoplasmas von diesem Orte fortwandern und sich gleichmässig in dem Schlauche vertheilen; dadurch wird nun die Concentration des Inhalts zu beiden Seiten der Scheidewand eine ganz verschiedene; jetzt erst grenzt sie an den »leeren Schlauchtheil.« Es schien mir nöthig hervorzuheben, dass wir es hier, bei Bildung des Sporangium, wirklich mit Zelltheilung und nicht etwa mit Abgrenzung einer dichteren Protoplasmamasse in einer der freien Zellbildung etwa sich nähernden Art,[1]) zu thuen haben. Hier liegt nun vielmehr ein, der Zelltheilung bei Oedogonium entsprechender Fall vor, wo ja ebenfalls der protoplasmatische Inhalt sich im oberen Ende der Zelle vor der Theilung ansammelt, und die Scheidewand innerhalb dieser dichten Ansammlung gebildet wird.[2])

Wir haben nunmehr die Zahl der lebenden Pflanzen erschöpft, an denen es uns möglich war den Vorgang der Zwei-

[1]) Wie denn Pringsheim Pflanzenzelle p. 64 die Entstehung des Sporangium bei Achlya und Vaucheria als Beispiel der freien Zellbildung anführt: Im Innern einer Mutterzelle entsteht aus einem Theil ihres Inhalts an irgend einer Stelle eine neue Zelle; der übrige Inhalt der Mutterzelle schliesst sich durch die Bildung einer Scheidewand von der Tochterzelle ab.

[2]) Ebenso wie bei Saprolegnia verhält es sich, so weit ich bisher übersehen kann, bei der Bildung der Sporangien und der Geschlechtsorgane von Vaucheria. Vergl. auch Thuret Ann. d. sc. nat. 2me S. T. 19. p. 270. pl. 11.

theilung direct zu verfolgen, und hiermit haben wir auch Erfahrungen für die Beurtheilung solcher Fälle gesammelt, an denen wir die Theilung nur aus einzelnen Entwicklungszuständen uns construiren müssen. Wir wissen, was wir von jenen Objecten nun zu verlangen haben, welche Zustände rascher, welche langsamer bei der Theilung ablaufen, welche Zustände sie uns daher häufiger, welche sie uns seltener werden bieten müssen. Einzelne Theilungsbilder, die uns nunmehr in ihrer Bedeutung bekannt, sind so charakteristisch, dass ihr Auffinden allein schon für die Deutung eines ganzen Vorgangs ausreichen wird. Andrerseits wissen wir jetzt auch auf das Bestimmteste den Werth der Alcohol-Präparate zu schätzen und werden wir uns daher in Folgendem hauptsächlich an dieselben halten.

Ein Object, an dem die Theilung bereits wiederholt verfolgt und geschildert worden, sind die Spaltöffnungen; v. Mohl,[1]) Naegeli,[2]) ich selbst,[3]) Sachs,[4]) zum Theil auch Hofmeister[5]) und letzthin auch Prantl,[6]) haben sich mit dieser Aufgabe befasst. Es bestehen hier zunächst Controversen über das Verhalten des Zellkernes. Nach Naegeli sollte der Mutterzellkern aufgelöst werden, wahrscheinlich sich aber ein einziger secundärer Zellkern dann bilden und in zwei sich theilen. v. Mohl behauptete hingegen eine directe Theilung des Mutterzellkerns, welcher Auffassung auch ich mich anschloss. Sachs konnte unmittelbar vor und längere Zeit nach der Theilung keine Zellkerne beobachten, ebenso Prantl. Was die Scheidewand zwischen den beiden Schliesszellen anbetrifft, so sollte dieselbe nach Naegeli und Garreau[7]) nur die anstossenden Membranen zweier neu individualisirter Zellen repräsentiren; nach v. Mohl hingegen war sie nur eine Trennungswand, von der er behauptete, dass sie ring-

[1]) Linnaea 1838 p. 544 und Vermischte Schriften p. 252 und Nachtrag p. 254.

[2]) Linnaea 1842 p. 237.

[3]) Jahrb. für wissensch. Bot. Bd. V.

[4]) Lehrbuch I. Aufl. p. 72, V. Aufl. p. 77.

[5]) Lehre von der Pflanzenzelle p. 113 Anm. 2.

[6]) Flora 1872 p. 311.

[7]) Ann. d. sc. nat. 4me S. Tm. 1. p. 215.

förmig auftrete; Hofmeister, Sachs und Prantl hingegen nahmen an, dass sie simultan in ihrer ganzen Ausdehnung gebildet werde.

Ich untersuchte nunmehr Iris pumila und Hyacinthus orientalis, also wieder die alten Objecte, zunächst frisch unter Wasser und in Eiweisslösung, dann an Alcohol-Präparaten. Die frischen Objecte gaben keine sicheren Resultate, daher wohl auch die zahlreichen früheren Controversen; dahingegen gelingt es oft leicht, an einem einzigen mit absolutem Alcohol fixirten Präparate, sich über die ganze Entwicklungsgeschichte zu orientiren. Ja, aus letzterem Grunde wären entsprechende Alcohol-Präparate der genannten Pflanzen überhaupt denjenigen zu empfehlen, die sich rasch über die hier behandelten Fragen ein Urtheil bilden möchten. Die Mutterzelle [1]) der Schliesszellen führt bei Iris pumila zunächst einen grossen Zellkern mit einem grösseren, seltener mit mehreren kleineren Kernkörperchen (Taf. VI, Fig. 40). Dieser Zellkern wird grösser und homogen ohne indess in der Substanz der Zelle aufzugehen; es treten nun in demselben Streifen auf die nach seinen beiden Polen hin convergiren und im Aequator die von einer einfachen Stäbchenreihe gebildete Kernplatte, welche ihn in eine rechte und eine linke Hälfte zerlegt. Der sich hier gegen die Umgebung stets scharf markirende Zellkern nimmt hierbei spindelförmige Gestalt an (Fig. 41 und 42 links). Die Platte spaltet sich nun in zwei Hälften [2]) und diese rücken auseinander. Die inneren Theile der Platte werden hierbei wieder zu den sehr charakteristischen Fäden ausgesponnen. Die beiden Plattenhälften gehen in ihrer Bildung schliesslich fast auf (Fig. 43—45). Dieses dürfte wohl, entsprechend den an lebenden Objecten beobachteten Erscheinungen, verhältnissmässig rasch vor sich gehen, daher auch begreiflich erscheinen, dass

---

[1]) Ich gebe hiermit die früher von mir gewählte Bezeichnung »Specialmutterzelle« auf.

[2]) Dieses ist nicht in streng mathematischem Sinne zu nehmen, doch benutze ich hier diese Bezeichnung, so wie auch diejenige, »Plattenhälften« um längere Umschreibungen zu vermeiden. Das Nähere ergeben dann jedesmal die Bilder.

man diese Zustände der Streckung der Kernplatte nur so äusserst selten fixirt zu sehen bekommt (Fig. 42 rechts). Es erfolgt dann die definitive Ausbildung der neuen Kerne aus den beiden auseinandergerückten Hälften des Mutterzellkerns. Dann tritt in den Kernfäden die Zellplatte auf, in der gleichen Entwicklung wie wir sie bei den Abietineen gesehen. Die Bildung der Zellplatte fängt auch hier mit einer Verdickung der Fäden im Aequator an. Die verdickten Stellen sind zunächst seitlich durch Zwischenräume getrennt, die sich dunkel markiren (Fig. 46), bald aber verschmelzen sie zu einer zusammenhängenden Hautschichtplatte. Die Platte fängt sich sofort in zwei Platten zu spalten an, und zwischen ihren beiden Hälften Cellulose auszuscheiden. Die Spaltung der Platte und die Celluloseausscheidung beginnt in zunächst getrennten Punkten, wird aber alsbald continuirlich. Dieser Spaltungsvorgang der Zellplatte ist, in gewissem Sinne nicht unähnlich der Spaltung der Kernplatte, nur dass hier beide Plattenhälften ganz wenig auseinanderweichen und alsbald alle Verbindungsfäden einziehen.

Die ausgespannten Kernfäden können sich hier zur Zeit der Zellplattenbildung bis an die Wand der Mutterzelle ausgedehnt haben, oft erreichen sie dieselbe aber nicht, und das fehlende Stück der Zellplatte wird dann durch eine entsprechende Plattenschicht im Protoplasma der Zelle ergänzt. Wie eine solche Schicht im Protoplasma der Zelle aber erzeugt wird, haben wir ebenfalls schon im Ei der Abietineen gesehen. So wird hier also eine Zellhautstoffmembran fast simultan in ihrer ganzen Ausdehnung erzeugt, und durch diese nun die Mutterzelle in die beiden Schliesszellen definitiv zerlegt (Taf. VI Fig. 47 u. 48).

In alten Schliesszellen schwinden die Kerne.

An ganz junger Oberhaut kann man sich, und zwar besonders wieder an Alcohol-Präparaten, überzeugen, dass die Mutterzelle der Spaltöffnung durch einen ganz ähnlichen Vorgang, wie der eben geschilderte, angelegt wird. Die junge Oberhautzelle

ist übrigens nicht vollständig mit Protoplasma angefüllt, letzteres bildet vielmehr nur eine dicke Wandschicht, um ein mit Zellflüssigkeit erfülltes Lumen. Der fast kugelige Zellkern zeigt einen nur etwa um $^1/_3$ geringeren Durchmesser als der Querdurchmesser der Zelle, taucht daher mit seinen Rändern in das Wandprotoplasma ein, das Lumen der Zelle völlig abschliessend. Wo nun eine Spaltöffnungsmutterzelle gebildet werden soll, rückt der Zellkern in das vordere Ende der Oberhautszelle und füllt dasselbe aus; dann theilt er sich in der nämlichen Weise, wie sie oben beschrieben wurde, nur dass seine beiden Hälften hier ganz wenig auseinander rücken (Taf. V, Fig. 38). Zwischen beiden Kernen entsteht dann die Zellplatte und in dieser die Cellulosemembran (Fig. 39). Der Zellkern der Oberhautszelle liegt dieser Membran noch eine Zeit lang nahe an, dann entfernt er sich von derselben.

Eben so günstig, ja fast noch günstiger zur raschen Orientirung über Theilungsvorgänge des Zellkerns und des Zellprotoplasmas sind Alcohol-Präparate des jungen Endosperms von *Phaseolus multiflorus*. Nachdem das Endosperm durch freie Zellbildung, wie früher geschildert, angelegt worden, fahren seine Zellen noch lange fort sich durch Theilung zu vermehren. Der Zellkern ist in denselben entweder mehr oder weniger central, im Innern eines mit Zellflüssigkeit erfüllten Lumens suspendirt, oder er liegt einer Wand der Zelle an. Er zeigt ein grosses centrales Kernkörperchen (Taf. V, Fig. 17). Dieses wird zunächst aufgelöst, während sich der Zellkern vergrössert und dann seine Kernplatte bildet (Fig. 18). Diese besteht aus relativ nur wenigen Stäbchen welche alsbald in zwei Hälften auseinanderweichen (Fig. 19). Die Fäden werden zwischen den Abshnitten ausgespannt und bilden einen tonnenförmigen Körper, an dessen beiden Polen sich aus den auseinandergerückten Mutterzellkernhälften die neuen Tochterzellkerne individualisiren (Fig. 20 u. 21). Später bildet sich die Zellplatte in den Fäden, und da dieselbe, entweder in ihrem ganzen Umfang, oder doch im grössten Theile

desselben, durch das Zellumen von der Zellwandung getrennt wird, so muss der fehlende Theil der Zellplatte hier durch das Zelllumen hindurch gebildet werden. Da treten dann ähnliche Verhältnisse wie bei Spirogyra orthospira auf. Die Wand wird von der Peripherie nach dem Innern fortschreitend angelegt, und zwar beginnt ihre Bildung noch vor Differenzirung der Zellplatte in den Fäden. Innerhalb letzterer wird dann das fehlende Stück Membran auf einmal ergänzt, weil hier, zum Unterschied von Spirogyra, diese Fäden bis zur Bildungszeit der Membran erhalten bleiben. Hier wirken eben noch Zellkern und Zellprotoplasma im Geschäfte der Zelltheilung zusammen, während sich bei Spirogyra Kerntheilung und Protoplasmatheilung von einander bedeutend emancipirt haben.

In den Kernen treten hier nun zunächst, entsprechend den grössern Durchmessern derselben, mehrere in einer einzigen Fläche angeordnete Kernkörperchen auf. Sie schwinden dann meist alle, bis auf ein einziges, das erhalten bleibt und an Grösse zunimmt.

Die Fäden zwischen den Kernen dehnen sich seitlich oft ganz auffallend aus, um das fehlende Stück der Zellplatte möglichst zu reduciren (Taf. V, Fig. 22, 23). Dadurch wird die tonnenförmige Fadenmasse in einen linsenförmigen, biconvexen Körper verwandelt und die ihm anhängenden beiden neuen Kerne hierdurch einander genähert. Nach vollendeter Bildung der Scheidewand verbreitet sich die Fadenmasse schliesslich noch mehr über diese Scheidewand, sie jederseits von einer gleich starken Protoplasmaschicht überziehend, in der die, den Fäden entsprechende Streifung noch längere Zeit zu erkennen ist (Fig. 24 und 25). Die beiden Kerne werden hierdurch aber der neuen Scheidewand, meist bis zur Berührung, genähert (Fig. 25) und verbleiben auch längere Zeit an derselben, um sie doch aber endlich zu verlassen (Fig. 17 Zelle links). So haben wir denn im Endosperm von Phaseolus ein Beispiel vor uns, in dem gegen die allgemein herrschende Annahme für geschlossene Gewebe, die Scheitelwand nicht simultan angelegt wird, sondern succedan, und zwar nach einem gemischten Typus, so dass ein Stück der-

selben von aussen nach innen fortschreitend, ein anderes plötzlich gebildet wird. [1])

Aeltere Keime von *Pinus silvestris,* die bereits ihre Cotyledonen angelegt hatten und die ich nun auf die Theilungen ihrer Zellen untersuchte, zeigten mir durchaus die nämlichen Vorgänge wie die ersten vom Ei abgegrenzten Zellen. Auch jetzt waren nämlich die Zellen, wie im Beginn der Keimentwicklung, völlig mit Protoplasma erfüllt, und dem entsprechend musste auch ihr Theilungsvorgang sein.

Bei einer anderen Conifere, der *Ginkgo biloba,* zeigt hingegen der Keim schon auf den jüngsten Entwicklungszuständen nur theilweise mit Protoplasma erfüllte Zellen mit Zelllumen und central suspendirtem Kern, dann auch gleich die nämlichen Theilungsvorgänge wie im Endosperm von Phaseolus.

Um Wiederholungen zu vermeiden, verweise ich daher auch nur auf die begegebenen Figuren der Tafel V, von denen Fig. 26 die Bildung der Kernplatte, Fig. 27 und 28 aber weitere Entwicklungszustände der neuen Kerne und die ringförmige Membrananlage an der Seitenwand der Mutterzelle in höchst durchsichtiger Weise zeigen.

[1]) Vergl. dagegen die anders lautende Beschreibung und anders aussehende Abbildung bei Dippel. Mikroskop p. 49 und Taf. II, Fig. 18 II. — Ich selbst gab eine unrichtige Schilderung der Kerntheilung im Endosperm der Coniferen in: Coniferen und Gnetaceen p. 85 und Taf. VI, Fig. 32, auch Hanstein (Stzber. der niederrh. Gesell. in Bonn 1870 p. 230) lässt zwar den Zellkern in den Parenchymzellen der höheren Pflanzen z. B. von Sambucus, Helianthus, Lysimachia, Polygonum, Silene etc. sich zugleich mit der Zelle theilen, doch in anderer Weise. Man soll im Zellkerne statt des einen Kernkörperchens mindestens zwei erblicken, deren Entstehungsweise noch nicht festgestellt war; darauf eine zarte optisch wahrnehmbare Halbirungsgrenze den Kern in zwei Hälften theilen, die noch nicht immer genau im Sinne der späteren Tochterzellen gelagert sind. Später soll im Protoplasma, welches den Kern umgiebt und sich in der Theilungsfläche der Zelle gleich zu Beginn des Vorgangs angesammelt hat, eine freie durchgehende Spaltungsfläche sich bilden, in der darauf allmälig die neue Cellulosewand entsteht.

Ein etwa zwanzigzelliger Keim von *Triticum vulgare* hatte wiederum, wie derjenige von Pinus silvestris, ganz mit Protoplasma erfüllte Zellen und einen entsprechenden Theilungsvorgang, also einen solchen, wie der Keim der Abietineen aufzuweisen.

Von grossem Interesse war es mir auch, die Vorgänge im Cambium der *Coniferen* aus eigener Anschauung kennen zu lernen. Ist ja erst neuerdings wieder von zwei Seiten[1]) ausgeführt worden, dass in der Cambiummutterzelle nicht eine Scheidewand allein, vielmehr völlig die Tochterzellen umgebende Membranen entstehen. Die schönen naturgetreuen Abbildungen von Sanio schienen mir freilich auch einer anderen Auffassung günstig, ebenso wie seine Angabe, dass eine Trennung der »primären Membran« in zwei Blättter nie gelingt.[2])

Ich führte meine Untersuchungen an jungen, einjährigen Trieben von *Pinus silvestris* aus, welche eben (im Monat Mai) ihr Längenwachsthum vollendet hatten und in die Dicke zu wachsen begannen. Ich wählte solche Triebe, weil ich ihr Cambium in besonders lebhafter Zellvermehrung vorfand, mir es hier ja aber vornehmlich nur um die Vorgänge bei der Theilung und nicht um die übrigen Fragen, für deren Lösung Sanio besonders älteres Holz empfiehlt,[3]) zu thuen war.

Wie Sanio ganz richtig angiebt führen, die Cambiumzellen von Pinus silvestris einen peripherischen Wandbeleg von Protoplasma und einen grossen Zellkern, der die Mitte der Zelle einnimmt und den schmalen radialen Durchmesser derselben fast ausfüllt. — Führt man Querschnitte durch mit absol. Alcohol zuvor fixirte Objecte aus, so findet man daher auf den Querschnitten die Cambiumzellen und ihre nächsten Abkömmlinge,

[1]) Dippel, Mikroskop p. 49 u. Taf. II, Fig. 18 I und Flora 1874 p. 266 und Sanio Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. IX p. 57 und Flora 1874 p. 549.

[2]) Jahrbücher p. 68; Dippel Flora p. 266 will diese primäre Membran, seine »Mittellamelle,« in drei Blätter zerlegt haben, was ja aber auch ein mittleres, unspaltbares Blatt ergiebt.

[3]) Jahrb. IX p. 51.

entweder inwendig leer und nur mit einem wenig starken protoplasmatischen Wandbeleg bekleidet, oder völlig mit dunklem Protoplasma ausgefüllt, je nachdem man eine Stelle der Zelle über oder unter dem Kern, oder den Kern selbst getroffen. Der Kern ist in den Cambiumzellen annähernd kugelig, oder doch nur wenig in der Richtung der Längsaxe der Zelle verlängert, er führt mehrere Kernkörperchen. Diese schwinden, während der Kern an Grösse zunimmt; dann tritt die bekannte Streifung des Kerns auf, transversal zu der künftigen Theilungsrichtung und die Bildung der Kernplatte, die hier wenig markirt ist, und deren beide sich entfernenden Endflächen hier nur relativ wenig auseinanderzuweichen haben, da der Raum für eine grössere Ausbreitung des Theilungsvorganges fehlt. Fig. 29, Taf. V zeigt in der mittleren Zelle der unteren Reihe einen Kern, dessen Platte eben auseinanderzuweichen begonnen. Fig. 30 zeigt einen etwas vorgerückteren Zustand mit auch schon ausgebildeter Zellplatte auf radialem Längsschnitt. In Fig. 31 sieht man in der zweiten Zelle, von rechts, die beiden neuen Kerne der jungen Scheidewand anliegen, die mittlere Zelle in der oberen Reihe der Fig. 29 hat sich auch erst kürzlich getheilt, sie ist oberhalb oder unterhalb des Kernes getroffen, so dass die junge Scheidewand ganz frei vorliegt. Die Bildung dieser Scheidewand geht hier aber so wie bei Phaseolus nicht simultan, sondern succedan vor sich, nur das Stück zwischen den Kernen wird auf einmal ergänzt. Dass dem so ist, lässt sich am schönsten an den weiteren Cambiumzellen der Markstrahlen sehen (Taf. V, Fig. 33), an denen auch der ganze übrige Theilungsvorgang uns viel deutlicher entgegentritt. Uebrigens bedarf es hier für alle Fälle langen Suchens, bis man Theilungszustände findet. In den Holzfasern wird der Zellkern bedeutend gestreckt, seine Kernkörperchen auseinandergerückt, meist in einer einzigen Fläche angeordnet (Fig. 32). Der Zellkern erhält sich bis zu vorgerückten Stadien der Hoftüpfelbildung.

Wie Sanio richtig schildert und abbildet, sind die radialen Wände des Cambiums selbst an so jungen Sprossen, wie ich sie oben näher bezeichnet, von auffallender Stärke. Sanio sieht die

Ursache dieser Erscheinung in der schon erwähnten Annahme begründet, dass bei jedesmaliger Theilung jede Tochterzelle sich in ihrem ganzen Umfang mit Zellhautstoff umgiebt. »Indem nun fortdauernd durch tangentiale Theilung im Cambium die Zellenzahl vermehrt und die radialen Wandstücke der Mutterzellen bei den fortdauernden Theilungen nicht resorbirt werden, wachsen allmälig diese zu einer mehr oder weniger beträchtlichen Dicke heran.« [1]) — Ich nehme nun vielmehr an, die Ursache dieser Dicke sei in der ununterbrochenen Ernährung der radialen Wandung der Cambiumreihe von dem Inhalte ihrer Zellen aus gegeben. Die tangentialen Scheidewände sehe ich an die dicke, radiale Seitenwand ganz in derselben Weise ansetzen, wie die Scheidewand der Spirogyra orthospira an die Seitenwand ihrer Mutterzelle. Die junge Scheidewand ist äusserst zart und durch kein Mittel als doppelt zu erkennen. Sie setzt zunächst ganz scharf und mit ganz schmalem Rande an die Innenseite der Seitenwand an. Dann, ganz so wie bei der gen. Spirogyra oder anderen Algen, sieht man (auf Querschnitten) die Scheidewand an ihrer Ansatzstelle etwas stärker werden; später zeigt sich auch das punktförmige Dreieck an ihrer Basis, und letzteres wächst auch bald, so wie wir es bei den Algen gesehen. An einigen radialen Wandcomplexen und nach Sanio hauptsächlich im Cambium älteren Holzes tritt eine Spaltung ein, so zwar, dass die radiale Wand in ein mittleres breiteres auch, wie es scheint, weniger dichtes und zwei seitliche, schmälere, dichtere Blätter zerfällt. An diese seitlichen Blätter setzen dann die jungen Scheidewände an, gleiches optisches Verhalten mit ihnen zeigend; [2]) das »Dreieck« älterer Scheidewände verliert sich aber in der Mittelschicht. An Stellen, wo drei bis vier Zellen aneinanderstossen, entsteht aus den Dreiecken der Zwickel, in dessen Innern ein

---

[1]) Jahrb. IX p. 63.

[2]) Diese inneren Blätter mit den Scheidewänden von Sanio als die eigentlichen Wandungen der jungen Holzzellen, die primären Membranen, gedeutet; das mittlere Blatt als lockere Substanz oder Zwischensubstanz: als der Rückstand der Mutterzellhäute früherer Theilungen. Vergl. l. c. auch Taf. IX, Fig. 4.

Intercellularraum gebildet werden kann. Doch ich fühle mich nicht competent, hier die weiteren Verdickungsvorgänge der aus dem Cambium austretenden Zellen zu behandeln, und verweise in dieser Beziehung auf die wiederholt citirte Abhandlung von Sanio. Dass jede Bast- und Holzzellreihe, das sei nur noch erwähnt, nur eine Mutterzelle im Cambium hat (Sanio l. c. p. 58), ist unzweifelhaft. Ein Scheidewand, welche die zwei Mutterzellen, die von anderer Seite angenommen wurden, im Cambium trennen würde, müsste eben so stark verdickt sein, wie die radialen Wände, ob nun diese Verdickung durch die Auflagerung der Mutterzellhäute früherer Theilungen, oder durch Intussusception vor sich ginge.

Auch die Theilungsvorgänge in den Haaren wollte ich, an wenigstens einem Objecte, verfolgt haben. Ich wählte hierzu *Tradescantia virginica*. Auf noch unfertigen Entwicklungszuständen der bekannten Haare an den Staubfäden jener Pflanze sind die je obersten drei Zellen etwa theilungsfähig. Der Kern ist zunächst fast kugelrund und enthält mehrere Kernkörperchen (Taf. V, Fig. 34), dann wächst er in die Länge, und, während die Kernkörperchen schwinden, verwandelt er sich in eine dickfaserige Tonne. Die einzelnen Fäden oder Fasern sind hier auffallend stark und convergiren mehr oder weniger nach den Endflächen der Tonne, scheinen aber einzeln genommen nur einen Theil der Länge derselben zu messen, wodurch die Tonne eben das faserige Aussehen erhält. Die Kernplatte wird wenig gegen die Fasern markirt (Taf. V, Fig. 35). Zwischen ihren beiden Endflächen werden, wie gewöhnlich, die feinen Fäden ausgespannt. Dieselben schwellen seitlich so an, dass der biconvexe, linsenförmige Körper, den sie bilden, fast die Seitenwand der Zelle erreicht. Die beiden jungen Kerne sind zunächst ganz glashell, homogen; dann treten mehrere Kernkörper meist in einer Ebene auf (Taf. V, Fig. 34 oben u. 37). Die Zellplatte durchsetzt in bekannter Weise die Fäden (Fig. 34 u. 37), die Scheidewand wird simultan durch dieselbe gebildet.

In den Endzellen der Staubfädenhaare von Tradescantia wollte Naegeli[1]) die Theilung des »Kernbläschens« durch eine Querwand in zwei Bläschen, welche sich von einander lostrennen, beobachtet haben.

Nach Hofmeister[2]) sollen die in »Zelltheilung begriffenen Zellen« von Haargebilden verschiedener Gefässpflanzen häufig die ringleistenförmigen Anlagen von Scheidewänden erkennen lassen. So z. B. die jungen Haare von Ecbalium agreste. In anderen soll die dem Wasser Widerstand leistende Scheidewand plötzlich erscheinen, und vor ihrem Auftreten sich an ihrer Stelle eine den Zellraum durchsetzende Platte eines Lichtbrechungsvermögens, welches von dem des übrigen Inhalts der Zelle differirt, sich finden. Diese Platte, schreibt Hofmeister, widersteht nicht dauernd dem Einflusse des Wassers: sie verschwindet bei längerem Liegen des Präparats in solchem. So bei Tradescantia virginica in den Haaren der Staubfäden, bei Hibiscus Trionum in denen der Petala. — Die Zellkerne in den Haaren (p. 81) sollen sich aber wie an anderen Orten verhalten, d. h. der Zellkern der Mutterzelle jedesmal bei der Theilung aufgelöst werden und zwei secundäre an seiner Stelle sich bilden.[3])

Dahingegen hatte Weiss[4]) zu finden geglaubt, dass die Zunahme der Zellenzahl der Haare durch freie Zellbildung aus einem Theile des Protoplasmas erfolge.[5]) Für Tradescantia vir-

---

[1]) Zeitschrift für wiss. Bot. Heft I 1844 p. 67 und Heft III 1846 p. 102.

[2]) Lehre von den Pflz. p. 112.

[3]) In der Abhandlung Hofmeister's über die Entstehung des Embryo der Phanerogamen, 1849, heisst es über den hier behandelten Gegenstand noch im Besondern (p. 8): »Nach der Resorption der Membran des primären Zellkerns bleibt dessen Inhalt, wie es auch bei Hibiscus, bei den Mutterzellen der Pollenkörner, der Fall ist, zusammengeballt im Mittelpunkt der Zelle.« »Die länglich runde, von einer Membran nicht bekleidete Schleimmasse theilt sich in zwei kugelige Ballen, deren jeder einige der festen Körperchen einzuschliessen pflegt, jeder derselben bekleidet sich nach aussen mit einer Membran, und so sind zwei Tochterkerne gebildet.« . . . (Hierzu die Figuren 20—28 der Taf. XIV.)

[4]) Die Pflanzenhaare 1867 in Karsten's Botanischen Untersuchungen. Band I p. 369.

[5]) Vergl. das Citat bei Hofmeister Allgemeine Morphologie p. 543 Anmerkung.

ginica[1]) bildet er »biskotenförmige Kernzellen (Cytoblasten)« (Kerne) ab, die alsbald durch eine zarte Trennungslinie in zwei zerlegt werden, dann Zellen die zwei seitlich nebeneinander stehende Cytoblasten besitzen. »Die beiden Cytoblasten rücken auseinander, und das Protoplasma zwischen ihnen ballt sich zu zwei Primordialzellen, oft auch zu drei und mehr zusammen. Schon diess spricht dafür, dass der Cytoblast als solcher unwesentlich für die Individualisirung der Primordialzellen ist, denn dort, wo sich in einer Mutterzelle drei derselben bilden, ist die eine stets ohne Cytoblasten.«[2])

Nach Angaben von Hofmeister[3]) soll in den Endzellen dickerer Haarwurzeln von *Laubmoosen* die Ausbildung der ringleistenförmigen Anlage der Scheidewände sehr langsam fortschreiten. Dabei soll, noch bevor diese Anlage auch nur ein Viertheil des transversalen Durchmessers der Zelle durchsetzt hat, ganz in der Regel, in der oberen Theilhälfte der Zelle, schon die neue Zweitheilung durch Bildung zweier Zellkerne vorbereitet worden sein. Ich erwähne dieses Falls als einer interessanten Abweichung von dem gewöhnlichen Verlauf. Nach Pringsheim[4]) werden bei *Saprolegnia lactea* (Leptomitus lacteus Ag.) die einzelnen Zellen der dichotomisch verzweigten Fäden nur durch Stricturen von einander getrennt, jedes Stück zwischen zwei Stricturen führt aber einen grossen Zellkern und documentirt sich so als Zelle. Der Kern soll seinen Ort wechseln und häufig in die Strictur eingezwängt, dieselbe verschliessen. »In älteren Gliedern findet man mehrere Kerne, die, wie es scheint, durch Sprossung und darauf folgende Trennung aus dem ursprünglichen Kerne hervorgegangen sind.« Diese letzte Angabe macht mir nun freilich die ganze Deutung der »Kerne« mehr denn fraglich, wie denn auch Pringsheim selbst hervorhebt, dass »die Deutung des Kernes noch mancherlei Zweifeln unterliege.« Ich habe dieser Pflanze

[1]) l. c. p. 491.
[2]) So l. c. p. 493.
[3]) Lehre v. d. Pflz. p. 112.
[4]) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. II p. 230.

hier nur gedacht, um die Aufmerksamkeit von Neuem an dieselbe zu lenken. Vor allem wäre da das Verhalten der Kerne bei eintretender Vermehrung der Stricturen ins Auge zu fassen.

Andere Vorgänge, die mehr oder weniger von der gewöhnlichen Zweitheilung abweichen, sicher aber nur als Modificationen derselben aufzufassen sind, möchte ich hier noch, wenn auch nur andeutungsweise, berühren. Ich thue dieses schon, um vorzubeugen, dass dieselben nicht etwa als unaufgeklärte Vorwürfe meiner Auffassung der Zelltheilung entgegengehalten werden könnten. Freilich kann ich hier auf alle Details nicht eingehen, und bleiben letztere noch weiteren Untersuchungen vorbehalten.

Die in ihrer Art merkwürdigste Abweichung von der gewöhnlichen Zweitheilung bietet uns die Entstehung der O-förmigen Spaltöffnungsmutterzellen einiger *Aneimia*-[1]) und *Niphobolus*-[2]) Arten und der ringförmigen Zellen in den Antheridien vieler Farne.[3]) Die O-förmigen Zellen der Aneimien wären ganz unbegreifliche Erscheinungen, stünden sie isolirt für sich da, und wären sie nicht, wie ich[4]) und Rauter[5]) das schon früher nachgewiesen,[1]) durch alle Mittelstufen, mit der gewöhnlichen Art der Bildung der Spaltöffnungsmutterzellen durch Zweitheilung verbunden.

Wir können hier an das Beispiel der Iris pumila Taf. V, Fig. 38 u. 39, das uns noch frisch im Gedächtniss sein dürfte, anknüpfen.

Bei genannter Iris haben wir den Zellkern einer jungen Oberhautszelle in deren vorderes[6]) Ende wandern sehen, dasselbe

---

[1]) Vergl. meinen Aufsatz über die Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen Jahrb. für wiss. Bot. Bd. V p. 311 u. ff. und Bd. VII p. 393 Anm. 1.

[2]) Rauter Mitth. d. naturw. Vereins f. Steiermark Bd. II Hf. II 1870.

[3]) Vergl. Kny, Monatsber. d. Kgl. Akad. d. Wiss. Mai 1869. Meinen Aufsatz Jahr. f. wiss. Bot. VII. p. 392.

[4]) Jahrb. f. wiss. Bot. V. p. 312.

[5]) l. c.

[6]) D. h. der Blattspitze zugekehrtes.

fast völlig ausfüllen und sich nun theilen; zwischen den beiden Tochterzellkernen in den Kernfäden aber eine Querwand entstehen, die hier beiderseits unter rechtem Winkel an die Mutterzellwand ansetzt und die frühere Oberhautszelle so: in eine vordere kleinere und hintere, um das Mehrfache grössere, Zelle zerlegt. Die vordere Zelle ist bei weitem inhaltsreicher als die hintere, denn sie wird von dem Zellkern und dem denselben umgebenden Wandprotoplasma vollständig ausgefüllt; die hintere Zelle hingegen wird nur quer abgeschlossen an der einen Stelle, wo der Zellkern zu liegen kommt. Bei manchen Farnen (z. B. Asplenium furcatum[1]) finden wir nun der Iris ganz ähnliche Verhältnisse; bei anderen hingegen (z .B. bei Chrysodium vulgare,[2]) Asplenium bulbiferum[3]) etc.) sehen wir, bei im Verhältniss zur Grösse des Kerns durchschnittlich viel breiterer Oberhautszelle, die Scheidewand, welche sich nach der Theilung der Mutterzellkerne zwischen den beiden Schwesterzellkernen bildet, nicht mehr grade verlaufen und seitlich an die Mutterzellwände unter rechtem Winkel ansetzen, vielmehr in U-förmiger Gestalt auftreten und mit beiden Schenkeln meist an die vordere Wand der Mutterzelle anschliessen. Um den vorderen Tochterzellkern hat sich nämlich mehr Inhalt angesammelt, ähnlich etwa wie diess in dem vorderen Ende der Oberhautszelle von Iris der Fall war. Dieser Inhalt lehnt auch hier an die vordere Wand der Zelle an, reicht aber nicht aus, um sie ihrer ganzen Breite nach auszufüllen, und da sich die in den Kernfädn zwischen den beiden Tochterzellkernen auftretende Scheidewand in ihrem weiteren Verlauf innerhalb des dichteren Inhaltes hält, so bekommt sie die U-förmige Gestalt. Die Oberhautszelle wird durch dieselbe in zwei ungleiche Zellen zerlegt, von welchen beiden die inhaltsreichere vordere von der inhaltsärmeren hinteren U-förmig umfasst wird.

Wir haben hier jedenfalls einen durch specielle Anpassung modificirten Vorgang vor uns, der aus dem der Iris ähnlichen sich entwickelt haben mag.

---

[1]) Jahrb. V. Taf. XXXVI, Fig. 33.
[2]) Ebend. Taf. XXXVII, Fig. (42) 47.
[3]) Ebend. Taf. XXXVI, Fig. 36.

Nun kommen aber immer weiter gehende Veränderungen hinzu, werden durch Erblichkeit summirt und führen zu immer stärkeren Abweichungen von den ursprünglichen Vorgängen. Wir sehen nämlich die beiden Schenkel der U-förmigen Zelle zunächst vorn sich einander nähern, dann sich bei Aneimia villosa zusammenschliessen, so dass die Spaltöffnungs-Mutterzellmembran nur noch in einem schmalen Streifen an die vordere Wand der Oberhautzelle ansetzt,[1]) endlich sehen wir sie bei Aneimia fraxinifolia diese vordere Wand vollständig verlassen, so dass von den beiden aus der Oberhautszelle entstehenden Schwesterzellen die eine vollständig von der anderen umringt wird.[2])

Ich habe den Vorgang bei Aneimia fraxinifolia mit absolutem Alcohol zu fixiren gesucht und mir nun die Objecte nochmals näher angesehen. Es zeigte sich, dass der Zellkern sich hier, ganz ebenso, wie am Ausgangspunkte dieser ganzen Reihe von Abweichungen, theilt; dass er auch noch während dieses Vorgangs dem vorderen Ende der Oberhautszelle genähert ist, wenn auch etwa weniger als in früheren Fällen; dass er aber gleichzeitig eine zu der oberen und unteren Fläche der Zelle stark geneigte Lage annimmt, so zwar, dass der vordere der beiden Schwesterkerne viel näher der Oberfläche der Mutterzelle zu liegen kommt als der hintere. Daher sieht man denn auch die sich bildende Scheidewand eine trichterförmige Gestalt annehmen, sie setzt mit verengtem Lumen an die untere Mutterzellwand an und erweitert sich rasch nach oben, um hier mit viel weiterem Umfang an die obere Mutterzellwand anzuschliessen. Das von der neuen Scheidewand umgrenzte Stück dieser oberen Wand wölbt sich sofort nach aussen, so dass die junge Spaltöffnungs-Mutterzelle über die sie umgehenden und benachbarten Oberhautszellen emporgehoben erscheint.[3])

Neben diesen eben geschilderten extremen Fällen finden wir aber auch gleich noch bei Aneimia fraxinifolia ausnahmsweise

---

[1]) Jahrb. V, Taf. XXXVII, Fig. 49.

[2]) Ebendas. Taf. XXXVII, Fig. 53 und Rauter l. c. Fig. 7—10 von Aneimia fraxinifolia und Fig. 12—22 von Niphobolus Lingua.

[3]) Vergl. die Abbildungen bei Rauter l. c.

solche, wo ein Anschluss der neuen Scheidewand an die vordere Wand der Oberhautszelle wie bei Aneimia villosa besteht,[1]) ja ganz selten auch solche, wo die Scheidewand vorn U-förmig geöffnet ist,[2]) ja selbst mit nur relativ geringer Krümmung an die Seitenwände der Mutterzelle ansetzt. — Gelingt es aber den Theilungsvorgang bei Erzeugung der Spaltöffnungs-Mutterzellen von Aneimia fraxinifolia von gewöhnlicher Zweitheilung abzuleiten, so ist hiermit auch die Möglichkeit einer solchen Ableitung für die ringförmigen Zellen der *Farnantheridien* zugestanden.[3]) In der That ist auch schon wiederholt auf die Analogie dieser beiden Vorgänge hingewiesen worden.[4]) Ein Querschnitt durch eine junge Spaltöffnungs-Mutterzelle von Aneimia fraxinifolia gleicht auffallend der Seitenansicht eines der gen. Farnantheridien im optischen Durchschnitt. Man braucht sich die obere Wand der Oberhautszelle, an welche die trichterförmige Scheidewand ansetzt, nur noch stärker vorgewölbt zu denken, die benachbarten Oberhautszellen aber beseitigt. Dann stellt eben der vorgewölbte Trichterraum die sich weiter theilende obere Antheridiumzelle vor, die den Trichter umfassende Schwesterzelle aber die untere Ringzelle des Antheridium. Ein Blick auf die Figuren 11 u. 12 l. c. bei Kny zeigt, dass die Zellkerne hier etwa die nämliche gegenseitige Stellung wie bei Aneimia einnehmen.

Dass die Vorgänge der s. g. Sprossung und succedanen Abschnürung mit der gewöhnlichen Zelltheilung durch Mittel-

---

[1]) Vergl. Fig. 4 bei Rauter l. c.

[2]) Fig. 3 ebendas. auch die Figuren 15 A. B. C für Niphobolus Lingua.

[3]) Während des Druckes dieser Arbeit findet nun Bauke (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. X p. 67) in dem Antheridium der Cyatheaceen Vorgänge, die das oben Gesagte in schönster Weise bestätigen. Ganz wie bei Aneimia villosa ist nämlich im gen. Antheridium die erste ringförmige Wand an einer Stelle, in ihrer ganzen Höhe, an der Seitenwand des Antheridium befestigt. In einigen Fällen sogar schliesst der Ring nicht völlig zusammen und setzt mit seiner offenen Stelle dieser Seitenwand an. Wir sehen also auch hier Annäherung an die gewöhnliche Zweitheilung und zwar auf ganz demselben Wege wie bei den Spaltöffnungen. Nachträgliche Anmerkung.

[4]) Vergl. Jahrb. VII p. 393 und Rauter l. c. p. 14 Anm.

stufen verbunden sind, darauf ist schon wiederholt, neuerdings auch von Sachs,[1]) hingewiesen worden. Es sind auch hier nur die Extreme, die durch allmälige Summirung der Abweichungen sich bedeutender von den typischen Vorgängen entfernt haben.[2]) Es geht hier im Allgemeinen eine Sprossung der Zelle der Theilung voraus, welche letztere selbst in wenig abweichender Weise zu erfolgen pflegt. Sie dürfte hier meist an den Vorgang anschliessen, wie wir ihn bei der Theilung des Saprolegnia-Schlauches zur Bildung des Sporangiums beobachtet haben. Wo ein Zellkern vorhanden, wird derselbe sich jedenfalls in gewohnter Weise theilen;[3]) wenigstens ist bisher die Vermuthung von Naegeli,[4]) dass bei der Astzellenbildung der Algen, Florideen etc. »und fast allen Pflanzen« sich der ursprüngliche Zellkern im Lumen der Mutterzelle erhalten, während in der zur Astzelle werdenden Aussackung sich ein neuer bilden sollte, im Allgemeinen nicht bestätigt worden. Auch meine eigene Erfahrungen, so weit sie reichen, sprechen dagegen. Dafür lassen sich aber nur einige wenige Beispiele aufführen, die aber, wie ich meine, auf ganz

[1]) Lehrbuch IV. Aufl. p. 16.

[2]) So die Fälle simultaner Abschnürung, von welchen weiter die Rede sein soll.

[3]) Wenn nicht etwa Verkürzung der Entwicklung wie bei simultaner Abschnürung (von der weiter unten) im Spiele ist. — Die Vorgänge in dem schlauchförmig verlängerten Keimbläschen von Bartonia aurea (auch von Monotropa, Martynia, Fritillaria, Gagea, Linum), wie sie Hofmeister (Entstehung des Embryo p. 40 Taf. III, Fig. 7—11, p. 61 u. a. m.) schildert, werden wohl auch auf Zweitheilung zurückzuführen sein. Hofmeister giebt an: der primäre Zellkern des Keimbläschen schwinde, und es bilde sich hierauf ein neuer, in dem vorderen, von der Mikropyle abgewandten Zellende, in dem auch körniges Protoplasma angehäuft sei. Dieses Ende werde nun als besondere inhaltsreiche Zelle, von dem hinteren, nur mit wasserklarer Flüssigkeit gefüllten Raume des Keimbläschens abgeschieden. — Es könnte hier Kerntheilung im Spiele sein, wie in so vielen anderen Fällen, wo Auflösung des Zellkerns angegeben wurde, nur mit rascher Desorganisation des hinteren Kerns. Eine Verkürzung der Entwicklung mit Auflösung des primären und Bildung eines einzigen Kerns nter Generation in dem vorderen Ende des Keimbläschens, ist viel unwahrscheinlicher. — Ich selbs habe von den oben genannten Pflanzen nur Linum perenne untersucht, dort aber gefunden, dass die Theilung des Keimbläschens in gewohnter Weise erfolgt.

[4]) Zeitschr. für wiss. Bot. Heft 3 p. 71 und 72.

specielle Fälle beschränkt sind. So soll sich an dem Embryosack von *Bartonia aurea*, nach Hofmeister,[1]) gleichzeitig mit dem Auftreten der »Keimbläschen,« in der Mikropylgegend, eine bauchige Ausbuchtung bilden, in dieser ein freier, kugeliger Zellkern auftreten und dann die ganze Ausbuchtung durch eine Querscheidewand von dem Embryosack geschieden werden.[2]) Der Bildung der Ausbuchtung geht eine Resorption von Zellen an der Mikropyle voraus, wodurch eine Höhlung entsteht, in die erst der Embryosack hineinwächst. Der primäre Kern des Embryosackes betheiligt sich aber eben so wenig an der Bildung des Kerns der Ausbuchtung, als an der vorausgehenden Bildung der Keimbläschenkerne.

Seitliche Auswüchse und Anschwellungen bilden sich auch aus einzelnen Theilstücken der bereits in die Endospermbildung durch Theilung eingetretenen Embryosäcke von *Pedicularis silvatica*,[3]) *Veronica Buxbaumii, hederaefolia* und *triphyllos*[4]) und *Plantago lanceolata*.[5]) Die Auswüchse werden in diesen Fällen nicht durch besondere Scheidewände abgegrenzt, können auch kernlos bleiben oder Zellkerne erhalten, ja die obere Anschwellung des Embryosacks von Veronica-Arten, nach Hofmeister, selbst mehrere transitorische Zellkerne und sogar Zellen[6]) zeitweise aufzuweisen haben. Diese Ausbuchtungen und Anschwellungen erscheinen dann meist von Protoplasmaströmen, später von Zellstoffbalken durchsetzt. Wir haben es hier jedenfalls mit ganz besonderen Anpassungserscheinungen zu thun, bei denen zum Theil freie Kernbildung oder freie Zellbildung, zum Theil, wie am Embryosack von Bartonia, freie Kernbildung mit Zelltheilung combinirt auftreten dürften. Hervorheben muss ich, dass ich bisher nicht in der Lage war diese Fälle nachzuuntersuchen.

Aus älteren, namentlich auch aus den letzten Untersuchungen

---

[1]) Entstehung d. Embr. p. 39.

[2]) Vergl. auch l. c. Taf. II, Fig. 37—40.

[3]) Schacht Jahrb. f. wiss. Bot. III p. 339 und Hofmeister Abhandl. d. k. s. Ges. d. Wiss. IV p. 613.

[4]) Hofmeister l. c. p. 620.

[5]) Ebend. p. 624.

[6]) So nach Hofmeister bei Veronica-Arten. l. c. p. 620.

von Ress[1]) geht andererseits hervor, dass bei der Thyllenbildung eine benachbarte Holzparenchym- oder Markstrahl-Zelle durch den Tüpfel in das anliegende Gefäss hineinwächst, in demselben anschwellend, nicht selten einen freien Kern erhält und sich endlich durch eine Querwand von ihrem, ausser dem Gefäss liegenden Theile abgrenzt.[2]) Nach Stoll[3]) treten in den Thyllenzellen, welche in den Gefässen, an den Schnittflächen der Stecklinge von Passiflora quadrangularis (u. a. m.) gebildet worden, auch Theilungen ein, und quellen diese Zellen dann, ziemlich allgemein, zu dem aufgeschnittenen Gefäss hinaus, um an der Kallusbildung theilzunehmen. Wie sich die an der Bildung des Kallus mitwirkenden Parenchym- und Cambium-Zellen bei eintretender Theilungsthätigkeit hinsichtlich ihres Inhaltes verhalten, ist bisher, so viel mir bekannt, nicht untersucht worden. Bei der Thyllenbildung haben wir es aber jedenfalls mit einer eigenen Regenerationserscheinung zu thun, bei der die neue Zelle einen frei erzeugten Kern erhält und ihr Protoplasma in noch unbekannter Weise gegen ihre Schwesterzelle, respectiv Mutterzelle, abgrenzt.

Es bleibt uns noch übrig, die Vorgänge bei der Sporenbildung der höheren Kryptogamen und bei der Pollenbildung der Phanerogamen näher ins Auge zu fassen. Beides sind Objecte, die, für das Studium der Zelltheilung besonders geeignet, von je her auch zu demselben herangezogen wurden. Die vorhandene Literatur machte hier neue Untersuchungen meinerseits fast überflüssig, denn schon aus den hier und dort gesehenen und geschilderten Einzelheiten war fast mit Sicherheit zu entnehmen, in welcher Weise die Theilung erfolgt. Waren ja bereits von Hofmeister plattenförmige Anhäufungen unregelmässiger Klumpen in der Aequatorialebene der Mutterzellen von Psilotum Equisetum, Tradescantia, Pinus) gesehen worden, wenn er sie

[1]) Bot. Zeitung 1868 p. 6.
[2]) Vergl. auch l. c. Taf. I.
[3]) Bot. Zeitung 1874 Sp. 765 u. a. O.

auch als Gerinnungsproducte deutete. Hatte derselbe und dann Sachs ja auch Körnchenplatten zwischen den Kernen beobachtet, und Russow später ausdrücklich die Stäbchenplatten, die der Bildung der Kerne vorangehen (Hofmeister's Gerinnungsproducte) für normale Gebilde erklärt, sie bei einer grossen Anzahl von Sporen und Pollenkörnern beobachtet, ihr Verhältniss zu den Kernen angedeutet und ihre Verschiedenheit von den Körnchenplatten hervorgehoben. Während ich an dieser Arbeit schrieb, veröffentlichte endlich Tschistiakoff Untersuchungen, in denen er auch Streifungen schildert und abbildet, deren Bedeutung uns bereits bekannt, die er nun freilich für oberflächliche Streifung seines »Pronucleus« hält und mit merkwürdigen anderen Vorstellungen in Zusammenhang bringt.

Ich lasse hier mit kleinerer Schrift die ganze Literaturübersicht über den zu behandelnden Gegenstand folgen. Ich gebe sie möglichst zusammengedrängt, doch, so weit sie mir von Bedeutung schien, vollständig, weil durch dieselbe unsere eigene Aufgabe deutlicher formulirt und eine grössere Anzahl von Untersuchungen überflüssig gemacht wird.

Die Angaben, dass die Mutterzellen der Pollenkörner (an Cucurbita Pepo beobachtet) sich durch Scheidewände theilen, welche von aussen nach innen wachsen, rühren schon von Mirbel (Recherches sur le Marchantia polymorpha 1833) her und gehören zu den ältesten Beobachtungen über Zelltheilung überhaupt.

In demselben Jahre 1833 (Flora) zeigte v. Mohl, dass die Sporen durch Sonderung der körnigen Masse einer Mutterzelle in vier Partieen, die sich mit eigener Haut umkleiden, entstehen. Im Jahre 1839 (Linnaea) lieferte er die erste Entwicklungsgeschichte der Sporen von Anthoceros laevis. Die Angaben und Abbildungen waren in allen wesentlichen Punkten richtig. Er sah die succedane Theilung einer dem primären Zellkerne anliegenden gelbgrünen Scheibe, die faserigen Stränge zwischen den tetraëdrisch angeordneten Theilstücken; die endliche Auflösung des primären Kerns und die Bildung der Scheidewände, von denen es ihm wahrscheinlich ist, dass sie aus der innern Seite der Zellwandung hervorsprossende Leisten sind, die gegen die Mitte der Zelle zusammenwachsen und sich dort vereinigen. Ganz sicher glaubte er dann auch später (Grundzüge der Anatomie und Physiologie der vegetabilischen Zelle 1851: aus Rud. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie besonders abgedruckt), das Hineinwachsen der Scheidewände von aussen nach innen, gleichzeitig mit der Einschnürung des Inhalts, bei Pollenkörnern beobachtet zu haben.

Nach Naegeli (Entwicklungsgeschichte des Pollens 1842) sollten hingegen die Scheidewände erst nach vollendeter Theilung des Inhalts durch die aneinanderstossenden Membranen vollkommener Zellen gebildet werden (Zeitsch. f. wiss. Bot. Heft I p. 78. 1844).

Was den Inhalt der Mutterzellen anbetrifft, so giebt er an, dass der laterale, primäre Kern derselben resorbirt werde, ein neuer secundärer centraler sich bilde, um selbst wieder sich aufzulösen, doch erst nachdem unter seinem Einfluss sich ein oder zwei Mal zwei neue Kerne gebildet hätten. Der Inhalt theilt sich durch wandständige Zellenbildung, im ersten Falle in zwei Zellen, die nochmals, nachdem sich ihre Kerne durch Theilung verdoppelt, in je zwei zerfallen, oder es entstehen im letzteren Falle gleichzeitig vier tetraëdrisch gestellte Zellen, entsprechend den vier so vertheilten Zellkernen (Zeitschr. Heft III, 1846 p. 70).

Unger (Ueber die merismatische Zellbildung bei der Entwickelung des Pollens 1844) will hingegen wieder wie v. Mohl die Scheidewände in ihrem Vordringen von aussen nach innen in der Pollenmutterzelle beobachtet haben.

Wimmel (Bot. Zeitung 1850 Sp. 225 u. ff.) will den Zellkern der Pollenmutterzelle, in gleicher Theilung wie die Zelle selbst, gesehen haben. Er soll sich in einer Richtung besonders ausdehnen und in zwei Kerne zerfallen. Niemals sah Wimmel bei der Pollenentwickelung mehr denn zwei neue Zellen aus einer alten unmittelbar hervorgehen.

Schacht untersuchte zunächst 1849 (Bot. Zeitung Sp. 537 u. ff.) die Entwickelung der Sporen der Farnkräuter, vornehmlich von Asplenium Petrarcae. Er giebt an, der Zellkern der Mutterzellen theile sich durch eine zarte Linie in zwei Hälften, diese in ähnlicher Weise nochmals in zwei; die vier Kerne sollen sich dann abrunden und auseinandertreten und um einen jeden, durch körnigen Inhalt von ihnen getrennt, das junge Zellhäutchen entstehen (hierzu Tafel VIII). Schacht selbst bezweifelte später diese seine Angaben, und würde ich sie hier übergangen haben, glaubte sie nicht neuerdings Tschistiakoff bestätigt zu haben. Für Anthoceros laevis kam Schacht 1850 (Bot. Zeitung Sp. 457 u. ff.) zu ähnlichen Resultaten wie v. Mohl, doch lässt er um jeden der vier Zellkerne einen Tochterprimordialschlauch entstehen, über dem dann eine »Zellstoffzelle« gebildet wird. Ueber die Bildung des Pollens bei Althaea rosea (Pflanzenzelle 1852 p. 58) stimmt er fast vollständig mit v. Mohl überein. In den Mutterzellen des Pollens von Viscum album (Lehrbuch I. 1856 p. 82) sah er die vier Kerne noch vor Theilung des Inhalts durch Ströme verbunden, wie bei Anthoceros, wenn auch wegen des körnigen Inhalts weniger deutlich.

Pringsheim untersuchte (Pflanzenzelle 1854 p. 50 u. ff.) die succedane Theilung in den Pollenmutterzellen von Allium victoriale und die simultane bei Althaea rosea. Ueber die Zellkerne giebt er nur an, dass ihre Theilung dem Beginn der Scheidewandbildung vorausgehe. Die Scheidewand dringe aber von aussen nach innen fort; wenn auch zuerst äusserst dünn und einfach, sei sie doch aus theoretischen Gründen als doppelt, weil als eine Falte der innersten Verdickungsschicht der Mutterzellwand anzusehen.

Sanio schildert (zuletzt Bot. Zeitung 1857 Sp. 657) abnorme Ent-

wicklungsvorgänge in den Sporenmutterzellen von Equisetum palustre, wo er die Zweitheilung der Zellkerne durch Einschnürung schrittweise verfolgen konnte (Taf. X, Fig. 8—11). Das Gleiche, meint er, dürfte also auch für die normalen Vorgänge gelten.

Die Arbeiten Hofmeister's über den hier behandelten Gegenstand greifen bis auf das Jahr 1848 zurück, auf die Arbeit in der botanischen Zeitung (Sp. 425, 649 u. 670) über die Entwicklung der Pollen. Zahlreiche spätere Angaben sind in der »Entstehung des Embryo der Phaogneramen« 1849; den Vergleichenden Untersuchungen der höheren Kryptogamen 1851 und in zahlreichen, in den Abhandlungen der kgl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaft veröffentlichten Abhandlungen niedergelegt. Der Verfasser hat übrigens seine Auffassung der Zelltheilungsvorgänge seit 1848 nicht wesentlich verändert, so dass ich mich, zum Zweck dieser Uebersicht, wohl an seine letzte Publication von 1867: die Lehre von der Pflanzenzelle, halten kann, in der er selbst eine Zusammenfassung aller seiner älteren Arbeiten giebt.

In der Entwicklungsgeschichte des Pollens einiger Phanerogamen und der Sporen einiger Gefässkryptogamen soll es sich nun mit Sicherheit nachweisen lassen, dass der Zellkern der Mutterzelle zunächst zu einer den Mittelraum der Zelle erfüllenden Flüssigkeit sich auflöst. So bei Tradescantia, Pinus, Equisetum, Psilotum. Nach völliger Auflösung desselben wird nach Gerinnung der Substanz, welche bis dahin den Kern bildete, diese zu mehreren zahlreichen, weit kleineren Massen zusammenrücken, die bei Tradescantia und Pinus ohne wahrnehmbare Ordnung durch den Raum der Zelle verstreut sind, bei Equisetum vorzugsweise im Aequator der Zelle sich häufen, bei Psilotum hier zu einer horizontalen Platte sich anordnen. Auf diese Entwicklungsstufe folgt unmittelbar die Bildung zweier neuer, secundärer Zellkere von Form abgeplatteter Ellipsoide, deren Umgrenzung beim ersten Auftreten eben so schwer wahrzunehmen ist als die des primären Kerns kurz vor seiner Auflösung. Darauf vollzieht sich die Bildung je zweier kugeliger, tertiärer Zellkerne aus der Substanz jedes der secundären unter ganz ähnlichen Erscheinungen, bei Tradescantia in der Regel nach Bildung einer im Aequator der Zelle liegenden Scheidewand; bei Pinus, Equisetum und Psilotum, ohne dass das Auftreten einer solchen Scheidewand vorausginge.

In den Sporenmutterzellen von Anthoceros, Physcomitrium und Funaria erhält sich der primäre Kern bis nach Ausbildung der tertiären, allmälig blasser und durchsichtiger werdend, und verschwindet erst kurz vor der Bildung der Wände der Spicialmutterzellen (p. 83).

»Weitere Vorboten der Trennung des protoplasmatischen Inhalts einer in Vermehrung begriffenen Zelle treten nach der Bildung zweier neuer, secundärer Zellkerne in der Art auf, dass körnige, dem Protoplasma der Zelle eingelagerte Bildungen zwischen je zwei Kernen zu einer, auf der die Mittelpunkte der beiden Kerne verbindenden Linie senkrechten Platte sich anordnen. So in den Pollenmutterzellen vieler Phanerogamen z. B. Passiflora coerulea, in den Sporenmutterzellen von Equisetum.« Die Scheidewand, welche demnächst die Zelle in zwei Hälften theilen wird, geht genau durch die Mitte der Körnerplatten (p. 84). In vielen Fällen ist die

Anhäufung so schmal, dass sie als dunkler Streifen erscheint; so bei den Pollenmutterzellen von Hemerocalis. Anderwärts bildet sich anstatt der Körnerplatte ein Körnergürtel, ein Ring von Körnchen, so oft in den Sporenmutterzellen von Equisetum von Psilotum, stets in den Pollenmutterzellen von Pinus. »Hier spaltet sich nachher der Gürtel in zwei aneinander parallele Zonen, zwischen denen die Scheidewand verläuft, welche die Zelle in zwei Hälften theilen wird, dafern es überhaupt zur Bildung einer solchen kommt, dafern nicht vor Zerklüftung des Inhalts der Mutterzelle in zwei Tochterzellen die beiden secundären Kerne wieder aufgelöst und an ihrer Stelle vier tertiäre gebildet werden, die nach den Ecken eines Tetraëders sich ordnen (p. 85).« »Die Körnerplatten bei Passiflora werden häufig, die Körnergürtel bei Pinus und Equisetum in der Regel sammt den beiden grossen secundären Kernen wieder aufgelöst, noch bevor es zur Bildung neuer Primordialzellen kam. Es bilden sich vier, bei Passiflora coerulea oft auch mehr tertiäre Zellenkerne und zwischen je zweien dieser neue Körnerplatten. Da erst erfolgt die Theilung der Mutterzelle in so viele Tochterzellen, als Zellkerne vorhanden waren (p. 85).

Wo bei Sporen- und Pollenbildung die gleichzeitige Theilung des Inhalts in vier (sehr selten mehr) Primordialzellen vorkommt, geht ihr die Neubildung von zunächst nur zwei secundären Kernen voraus, so dass auch diese Erscheinung sich als »eine beschleunigte, überstürzte Weiterzerklüftung des Protoplasmas erweiset, welches zuvörderst in nur zwei Theilhälften sich zu sondern begann« (p. 100). Bei der grossen Mehrzahl der Monokotyledonen erfolgt ganz plötzlich die Bildung der Scheidewände, durch welche die Räume der Pollenmutterzellen in vier (selten mehrere) Fächer, die Specialmutterzellen des Pollens, abgetheilt werden.« »Das Gleiche gilt von den Pollenmutterzellen der Abietineen und den Sporenmutterzellen der Equiseten.« Doch auch in allen diesen Fällen erfolgt die Sonderung des Mutterzellinhalts nicht simultan, sondern von der Peripherie zum Centrum sehr rasch fortschreitend (p. 109). Dafür spricht die bei bärtigen Jrisarten nachgewiessene Einfurchung des Jnhalts der zur Theilung sich anschickenden Mutterzelle vor Beginn der Scheidewandbildung, andererseits die Beobachtung, dass bei einigen der erwähnten Pflanzen Erhärtung und Verdickung der die Zelle bereits vollständig durchsetzenden Wand sichtlich von der Innenwand aus nach dem Mittelpunkt zu fortschreitet, endlich dass bei einigen, jenen nächstverwandten Gewächsen, das Auftreten einer im Aequator der Zelle deren Innenwand ansitzenden, dünnen Ringleiste nachgewiessen werden kann: so bei Allium victoriale. Bei der Mehrzahl der Dikotyledonen und bei Anthoceros laevis geht die Scheidewandbildung langsamer vor sich und die noch unvollendeten Scheidewandanlagen werden stark verdickt. Die in den Innenraum der Zelle vorspringenden Leisten erhalten einen dreieckigen Querschnitt. »In solcher Form wachsen sie bei den Passifloreen bis zu etwa $^1/_{12}$, bei Anthoceros laevis bis zu $^1/_5$, bei den Cucurbitaceen bis zu $^1/_4$, bei Malvaceen (Althaea) selbst bis zu $^1/_3$ des Durchmessers des Mutterzellraumes. Der Inhalt der Zelle wird durch tiefe Einschnürungen in mehrere (in der Regel vier) Lappen getheilt, die im Mittelpunkt der Zelle zusammenhängen. Weiterhin wird der Vorgang sehr beschleunigt; die

breiten, im Querschicht dreieckigen Anlage der Scheidewände gehen nach innen hin in sehr dünne Lamellen über, welche centripetal wachsend, in sehr kurzer Zeit im Mittelpunkte der Zelle zusammentreffen (p. 110) (vergl. auch die Fig. 24 u. 25 p. 110 u. 111). — Jede durch Theilung entstandene Pollenzelle umgiebt sich dann mit einer besondern, von den Theilungsmembranen verschiedenen Membran in ihrem ganzen Umfange. Ueber das Specielle aus dieser und aus älteren Publicationen bitte ich die Citate weiter in den Anmerkungen zu vergleichen.

Nach Dippel (zuletzt Mikroskop p. 54 u. ff. 1869) theilen sich in den Mutterzellen der Sporen höherer Kryptogamen und der Pollenkörner zuerst die Kerne, dann folgt die Einschnürung der »ursprünglichen Membran« (Hautschicht), mit der die Abscheidung der Tochterzellstoffhüllen successive Schritt hält. Die Theilung der Mutterzelle ist, früheren Angaben entsprechend, entweder succedan (Monokotyledonen) oder simultan (Dikotyledonen und höhere Kryptogamen).

Sachs (Lehrbuch 1. Aufl. 1868, 4. Aufl. 1874) schildert (IV. Aufl. p. 13) die simultane tetraëdrische Theilung und Trennung des Mutterzellprotoplasmas bei Bildung der Sporen von Funaria hygrometrica ohne gleichzeitige Ausscheidung von Zellstoff, erst nach völliger Trennung soll sich jedes Theilstück mit Zellhaut umgeben. Bei Equisetum sollen die primären Kerne der Sporenmutterzellen sich lösen; grünlichgelbe Körnchen sich zu einer medianen Scheibe in dem sonst körnerfreien durchsichtigen Protoplasma der Mutterzelle anordnen; dann wieder eine Trübung zu den beiden Seiten der Scheibe erfolgen, indem sich Körner an den Polen der Scheibe ansammeln und sich so weit verbreiten, bis rechts und links vor der Körnerplatte nur noch ein heller ellipsoidischer Raum frei bleibt. Diese freien Räume sind zwei Zellkerne. Die Körnerplatte verschiebt sich jetzt, die zwei Zellkerne schwinden, es treten, nach den Ecken eines Tetraëders geordnet, vier kleinere auf, deren jeder, auf der den Nachbarn zugekehrten Seite, von einem Theil der grünlichgelben Körnchen umgeben ist, die vorher die Körnerplatte bildeten. Dann geht, von innen aus beginnend, die Trennung der vier Protoplasmaportionen vor sich. In den Kernen bildet sich jetzt je ein Kernkörperchen. Endlich sind die Sporen völlig isolirt, sie adhäriren nur noch an einander. Sie sind noch nackt, umhüllen sich aber bald mit einer Zellhaut (p. 14 und Fig. 10). — In den Pollenmutterzellen schildert Sachs die Vorgänge im Wesentlichen ebenso wie Hofmeister; nur lässt er die Zellhautlamelle bei Funkia ovata, in den »hellen Grenzebenen« zwischen den Kernen, simultan entstehen.

Russow's vergleichende Untersuchungen der Leitbündel-Kryptogamen etc. (Memoiren d. Petersb. Acad. VII. Serie. Bd. XIX, Nr. 1. 1872) enthalten sehr zahlreiche Angaben über Sporen- und Pollenbildung, namentlich über erstere.

Bei Marsilia Drummondii (p. 51) schwinden die Kerne der Sporenmutterzellen, es treten zahlreiche grössere Körnchen auf und ordnen sich zu einer Platte an, welche das Lumen der Zelle in zwei gleiche Hälften theilt (vergl. Taf. VI, Fig. 90). Von Kernen ist bis zur Ausbildung der Spore nichts wahrzunehmen. Bald muss die erste Körnerplatte sechs anderen Platz machen, die das Lumen der Zelle in vier gleiche tetraëdrische

Räume theilen (Fig. 1). Jede der sechs Protoplasmaplatten spaltet sich sodann in zwei Platten, die entweder auseinanderrücken, zwischen sich wässerige Flüssigkeit ausscheidend (was selten der Fall zu sein scheint), oder sie bleiben dicht neben einander liegen, und eine scharfe, dunkle Linie deutet die Sonderung in zwei Platten an; darauf werden an Stelle dieser Linien, oder mit wässeriger Flüssigkeit erfüllter Spalten, schmal doppelt contourirte Scheidewände sichtbar (Fig. 93). Die Anlage der Sporen geschieht, wie die der Pollenkörner dadurch, dass der Gesammtinhalt der Specialmutterzellen sich mit einer Membran umgiebt, die, von der Specialmutterzellmembran chemisch different, sich letzterer in ihrem ganzen Umfange dicht (doch lose) anlegt.

Die Polypodiaceen (p. 89) zeigen Mutterzellen mit sehr grossem, meist excentrisch gelegenem Kern (Fig. 104 u. 405). Andere mit einer kreisförmigen Platte von $^1/_2$ bis $^2/_3$ Durchmesser der Mutterzelle an Stelle des Kerns; die Platte aus stark lichtbrechenden länglichen Körnchen oder Stäbchen gebildet. Grösser und schärfer sind diese Körnchen- oder Stäbchenplatten noch in den Sporenmutterzellen der Ophioglossen und Equisetaceen (Fig. 121, 122, 123, 126) (bei letzteren häufig verbogen und meist hell rosenroth oder ziegelroth gefärbt p. 148), am grössten und deutlichsten in den Pollenmutterzellen von Lilium bulbiferum (Fig. 132); dort übrigens aus sehr unregelmässigen Körperchen gebildet.

Diese Stäbchenplatten, das hebt Russow besonders hervor (p. 90), sind durchaus verschieden von den s. g. Körnerplatten oder Protoplasmaplatten, die, nachdem der primäre Kern geschwunden und zwei neue (secundäre) Kerne erscheinen, zwischen letzteren auftretend, die Sporenmutterzelle halbiren, oder die nach dem Erscheinen der vier tertiären Kerne auftreten, um die Sporenmutterzellwände zu bilden. Aus dem Umstande, dass zur Zeit, wo Stäbchenplatten vorhanden, nie Kerne sichtbar sind, und dass, wie bei Ophioglossum und Lilium bulbiferum leicht zu beobachten, nach dem Auftreten der die Mutterzelle halbirenden Körnerplatte zu beiden Seiten letzterer, wo sonst die Kerne vorhanden, je eine Stäbchenplatte (von dem halben Durchmesser der primären Stäbchenplatte) sichtbar ist, darf man wohl auf eine nahe Beziehung zwischen Kern und Stäbchenplatte schliessen, wenn nicht auf die Bildung letzterer aus ersterem.

Die Theilung der Sporenmutterzelle (p. 91) wird bei den Polypodiaceen dann weiter durch das Auftreten der die Zelle halbirenden Körnerplatte eingeleitet, die nach dem Erscheinen der beiden secundären Kerne zwischen diesen sichtbar wird. Die sec. Kerne schwinden, vier neue kleinere Kerne treten auf. Neue Körnerplatten bilden sich zwischen je zwei Kernen. Die Kerne liegen in einer Ebene, wie in den vier Ecken eines Tetraëders. In den Körnerplatten bilden sich nun in der schon erwähnten Weise die Scheidewände (Vergl. Fig. 106—110).

Auch in den Pollenmutterzellen von Ceratozamia longifolia will Juranyi (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. VIII p. 387 1872) das Schwinden des primären Kerns, das Auftreten zweier kleinerer beobachtet haben. Die Scheidewand erscheint als ein plattes, breites, die Zelle gürtelförmig umlaufendes Band, im optischen Durchschnitt der Zelle als ein kleiner keil-

förmiger Vorsprung. Sie wächst zunächst nun fast gleichmässig in die Dicke und in die Breite und erscheint daher als ein auf breitem Grunde aufsitzender, mehr oder weniger stumpfer Kegel, der von nun an nur an seiner Spitze wächst und sich so zu einer ziemlich dünnen Membran gestaltet, die Theilung rasch vollendend. Es erfolgt nun die Theilung der beiden Schwesterzellen entweder in derselben oder in sich kreuzenden Ebenen. Die Bildung der Scheidewand geht hier ausserordentlich rasch vor sich, so dass Mittelzustände derselben nur selten und schwer anzutreffen sind (vergl. auch hierzu Taf. XXXI u. XXXII).

Aus dieser ganzen Literatur (wenn wir von Tschistiakoff absehen) geht wohl schon zur Genüge hervor, dass die Vorgänge bei der Sporenbildung aller höheren Kryptogamen und der Pollenbildung aller Phanerogamen in den wesentlichsten Punkten übereinstimmen. Die stärkste Abweichung von dem allgemeinen Typus zeigen nur diejenigen Fälle, wo nach übereinstimmenden Angaben,[1]) der primäre Kern der Mutterzelle längere Zeit unversehrt bleibt, während ein neuer neben ihm entsteht und durch seine Theilungen erst die folgenden liefert. Es schien diese Abweichung auf die Familie der Moose beschränkt zu sein, wir werden sie aber auch an einem andern Orte wiederfinden. Im Uebrigen bewegen sich die in der Literatur bisher verzeichneten Verschiedenheiten, auf dem hier behandelten Gebiete, nur innerhalb ziemlich enger Grenzen: ob die Theilung mit gleichzeitiger, nachträglicher Ausscheidung von Zellhautstoff oder auch ohne eine solche überhaupt, vor sich geht.

Nach alledem muss ich im Folgenden zunächst zu constatiren suchen, ob innerhalb der Sporenmutterzellen der höheren Kryptogamen und der Pollenmutterzellen der Phanerogamen die Theilungen in derselben Weise erfolgen, wie in den früher von mir behandelten Fällen, dann auch die Modificationen der den allgemeinen Vorgang begleitenden Erscheinungen, so wie die schon angedeuteten Abweichungen von dem allgemeinen Vorgang selbst ins Auge fassen. Meine Aufgabe könnte eine sehr umfangreiche werden, wollte ich auch die Tschistiakoff'schen Angaben gleich als Vorwürfe für neue Untersuchungen aufnehmen, doch hiervon will ich an dieser Stelle absehen und vielmehr erst im

[1]) Hiergegen auch nur wieder Tschistiakoff Bot. Zeitung 1875. Sp. 23.

Weitern prüfen, wie weit diese Behauptungen überhaupt als neue wissenschaftliche Probleme behandelt werden können.[1])

Am nächsten an rein vegetative Theilungsvorgänge schliessen wohl diejenigen an, denen wir in den Pollenmutterzellen der Monokotyledonen so oft begegnen. Das günstigste unter den mir zur Hand stehenden Objecten war *Allium narcissiflorum*, mit dessen Schilderung ich auch beginne. Die Alcohol-Präparate geben auch hier die günstigsten Bilder. Die jungen, eben aus dem Verbande tretenden Pollenmutterzellen zeigen einen grossen Zellkern mit einem Kernkörperchen. Der Zellkern füllt fast die ganze Mutterzelle aus, er ist sehr inhaltsreich (Taf. VI, Fig. 49). Nach völliger Trennung der Mutterzellen verdickt sich ihre Wand auffallend und es treten alsbald einzelne grössere, zu einer einschichtigen Kernplatte angeordnete Körner im Aequator ihrer Zellkerne auf. [2]) Die übrige Masse des Zellkerns erscheint hingegen gestreift und zwar so, dass die Streifen convergirend vom Aequator zu den Polen des Zellkerns laufen und hier in einer kreisförmig umschriebenen Stelle ansetzen. Die Zahl der Körner in der Platte ist oft nicht grösser als zehn (Fig. 50—52), oft sind sie auch seitlich zu einer continuirlichen Platte verschmolzen (Fig. 53). Die Platte zeigt von der Fläche betrachtet, auch wenn sie aus isolirten Körnern besteht, eine continuirliche Contour, die ursprüngliche Contour des Zellkerns, dessen übrige Umrisse sich hingegen an den fadenförmig differencirten Theilen nur schwer verfolgen lassen. In der Platte hat hier jedenfalls (wie etwa bei Spirogyra orthospira) eine bedeutende Ansammlung und Verdichtung der Kernmasse stattgefunden. Diese Platte beginnt sich nun, in der uns bekannten Art und Weise, zu spalten. Ich habe bei der sehr grossen Zahl von Mutterzellen,

[1]) Das Referat über die Tschistiakoff'schen Arbeiten kann ebenfalls erst in dem speciellen Theile folgen, da gen. Arbeiten keines allgemeineren Auszugs fähig sind.

[2]) Eine solche Platte zum ersten Mal von Russow als normale Bildungen hervorgehoben und als Stäbchenplatte von den früher schon beschriebenen Körnerplatten unterschieden. l. c. p. 90.

die ich durchmusterte, wiederholt solche Zustände zu sehen bekommen (Fig. 54). Die beiden Plattenhälften weichen auseinander, ähnlich wie in andern sich theilenden Zellen, die Protoplasmafäden zwischen sich ausspannend (Fig. 56, 56 u. 57). Die beiden aus der getheilten Mutterzellkernmasse sich bildenden Tochterkerne sind, nach erfolgter Verschmelzung aller Körner und Körnchen, zunächst glashell homogen. Alsbald entstehen aber kleine Höhlungen in ihrer Masse, welche alle in einer Ebene liegen (Fig. 58). Inzwischen haben sich auch die ausgespannten Fäden im Aequator verdickt und bilden die Zellplatte, welche dann von einer Cellulosemembran durchsetzt wird. Oft konnte ich deutlich ein ringförmiges Beginnen dieser Zellwand an der Wand der Mutterzelle feststellen,[1]) in den meisten Fällen schien sie völlig gleichzeitig innerhalb der ganzen Zellplatte angelegt zu werden.[2]) Wie wir aus früheren Erfahrungen wissen, ist hier für alle Fälle die Möglichkeit der simultanen Ausscheidung der Cellulosewand durch die in ihrer ganzen Ausdehnung schon praeexistirende Zellplatte gegeben. Die junge Zellwand zeigt, wegen ihrer Quellbarkeit bei der Untersuchung, eine von Anfang an nicht unbedeutende Stärke. Sie und ihres Gleichen quellen sogar in concentr. Glycerin, in welches die Alcohol-Präparate eingelegt werden. Wollte man sie in ihrer normalen Stärke sehen, so müsste man die Präparate direct in dem absoluten Alcohol untersuchen. In den beiden, nun völlig gegen einander abgegrenzten Schwesterzellen wiederholt sich alsbald der nämliche Vorgang, den wir in der Mutterzelle gesehen. Die beiden Zellen theilen sich entweder in derselben, oder in sich kreuzenden Ebenen (Fig. 59). Sind die Scheidewände auch hier gebildet, so umgiebt sich jede der Zellen mit einer äusserst zarten, alsbald stärker werdenden, an die vorhandenen, sogenannten Specialmutterzellwände angeschmiegten Verdickungsschicht (Fig. 60 u. 61).

---

[1]) Hofmeister L. v. d. Pflz. p. 110 hebt auch für Allium victoriale die ringleistenförmige Anlage der Scheidewand hervor.

[2]) Vergl. auch Sachs Lehrb. IV. Aufl. p. 15 nebst Abbildungen. Nach Hofmeister (L. v. d. Pflz. p. 109) werden die Scheidewände in allen Sporen- und Pollenmutterzellen, wo auch ganz plötzlich, doch von der Peripherie zum Centrum fortschreitend gebildet.

Diese Verdickungsschicht bricht stärker das Licht, sie erscheint weisser als die ursprüngliche Mutterzellwand und die an sie ansetzenden Scheidewände. Dann werden letztere so rasch verflüssigt, dass man oft lange nach den Verflüssigungszuständen selbst suchen muss. Während dieser Verflüssigung fangen die jungen Pollenkörner sich schon an ihrer (der Mutterzellwand zugekehrten) Aussenseite zu falten an.

In den Pollenmutterzellen von *Anthericum ramosum* habe ich bei der ersten Theilung des Inhalts oft an in Glycerin eingelegten, schwach contrahirten Alcohol-Präparaten eine innere Spaltung der Zellplatte gesehen, während dieselbe an den Rändern noch zusammenhielt [1]) (Taf. VI, Fig. 62). Es ist mir diese Erscheinung an keinem Orte wieder in so auffallender Weise wie hier begegnet. Sie ist die Folge einer etwas früheren Trennung der Zellplatte in die beiden Hautschichten innerhalb der Region der Kernfäden, als ausserhalb derselben.

Nun galt es mir festzustellen, ob in den Fällen rein tetraëdrischer Theilung die Zellkerne sich ebenfalls in zwei Intervallen theilen, oder ob etwa im Mutterzellkern tetraëdrisch angeordnete Platten auftreten und einen sofortigen Zerfall derselben in vier Theile veranlassen können.[2]) Ich wählte als typisches Object für die Unsersuchung *Tropaeolum majus*, das jedenfalls sehr nah an das von Sachs (Lehrbuch IV. Aufl. p. 15) abgebildete Tropaeolum minus hätte anschliessen müssen. Die Mutterzellen führen zunächst einen relativ kleineren Zellkern als die von Allium (Taf. VI, Fig. 63); derselbe führt ein grosses Kernkörperchen, vergrössert sich alsbald und es tritt in ihm nun eine aequatoriale Kernplatte auf, während er im Uebrigen die uns

[1]) Aehnliche Erscheinungen schildert Tschistiakoff in den Sporenmutterzellen von Angiopteris und Isoëtes, zuletzt Bot. Zeitung 1875 Sp. 21.

[2]) Wie Tschistiakoff neuerdings (zuletzt Bot. Zeitung 1875 p. 6) wiederholt beschreibt.

bekannte Streifung annimmt. (In Fig. 64 die Kernplatte von der Seite, in Fig. 65 von der Fläche.) Die Platte ist hier viel weniger markirt als bei Allium, von viel kleineren und doch auch nur in einer Schicht angeordneten Körnchen gebildet, dafür aber die Fäden der übrigen Kernmasse viel dicker.[1]) Nach dem Auseinanderweichen der Plattenflächen (Fig. 66 u. 67), somit der beiden Hälften des Mutterzellkernes und der beginnenden Differencirung der beiden Schwesterkerne, wird auch die Zellplatte im Aequator der ausgespannten Fäden durch Verdickung derselben angedeutet (Fig. 67). Es bleibt aber zunächst bei dieser Andeutung und die beiden eben gebildeten Schwesterkerne theilen sich sofort abermals in sich kreuzenden Ebenen (Fig. 68—70). Die vier neuen Zellkerne treten in Wechselwirkung und nehmen daher in der annähernd kugeligen Protoplasmamasse eine tetraëdrische Lage ein. Die Wechselwirkung der vier Kerne wird durch die angedeutete primäre Zellplatte nicht verhindert, vielmehr diese Zellplatte selbst in vier kreisquadrantische Stücke gebrochen; zu diesen vier Platten werden noch zwei ihnen gleiche hinzugefügt: als neue Zellplatten zwischen je zwei zuletzt entstandenen Schwesterkernen. So kommt hier die tetraëdrische Vertheilung des ganzen Inhalts zu Stande, die nicht möglich ist, wo, wie bei Allium und den meisten andern Monokotyledonen auf die erste Zweitheilung gleich die Bildung der festen Cellulosewand folgt. Daher, bei den gen. Monokotylen, nur Anordnung der Pollenkörner in einer Fläche, oder übers Kreuz. Die sechs Zellplatten von Trapaeolum zeigen alsbald den gleichen Entwicklungszustand, ist dieser aber erreicht, so sieht man, den Zellplatten entsprechend, leistenförmige Vorsprünge an der stark verdickten gemeinsamen Mutterzellwand auftreten. Ich glaube, ihrer Bildung geht eine Contraction der Zellplatten voraus, welche eine schwache Einschnürung der jungen Tetrade an den Theilungsstellen veranlasst. An den Einschnürungsstellen wird aber die Mutterzellwand verdickt, und zwar dem Einschnürungsraum ge-

[1]) Ein solcher Zustand hat unzweifelhaft das Bild von Tschistiakoff Bot. Zeitung 1875 Taf. I. Fig. XXIX veranlasst.

mäss in Gestalt breit angesetzter, doch sofort sich auskeilender, im optischen Durchschnitt daher dreieckig erscheinender Leisten (Taf. VI, Fig. 71).

Die herrschende Vorstellung, nach der diese ersten Leisten erst ganz dünn beginnen, dann aber rasch an den Ansatzstellen verdickt werden sollten, ist entschieden unbegründet, ebenso wie die weitere Behauptung, dass diese ersten leistenförmigen Vorsprünge nunmehr langsam nach innen fortwachsen und den Inhalt einschnüren sollten. Es bleibt vielmehr, ein für alle Mal, bei der ersten eben erwähnten Einschnürung des Inhalts stehen dessen Grösse, so wie die damit zusammenhängende Tiefe der von der Mutterzellwand vorspringenden Leisten, innerhalb nur unbedeutender Grenzen schwankt. Die Bildung der eigentlichen Trennungswände der Tetrade folgt jetzt erst durch Ausscheidung von Zellstoff zwischen je zwei aus den Zellplatten sich sondernden Hautschichten. Sie erfolgt simultan, und die gebildeten Wände setzen mit ihrem Aussenrande an die vorher entstandenen leistenförmigen Vorsprünge der Mutterzellwand an.[1]) Die inneren, neugebildeten Wände sind aber auch hier sehr quellungsfähig und nehmen selbst in concentr. Glycerin an Durchmesser zu, wodurch die jungen Zellen auseinandergerückt werden (Taf. VI, Fig. 72). Der Vorgang der Pollenbildung findet nun alsbald seinen Abschluss in der Ausscheidung der bleibenden Pollenzellwand als innerer Verdickungsschicht, und zwar Appositionsschicht der »Specialmutterzellwand« (Fig. 73), deren Auflösung alsbald folgt

Ganz dasselbe wie für Tropaeolum majus gilt auch für *Cucumis* (Taf. VI, Fig. 74) und andere dikotyle, tetraëdrische Pollenbildungen, die ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, so dass ich hieraus schon den Schluss ziehen möchte, dass es tetra-

[1]) Daher denn auch in der Schilderung von Hofmeister (Lehre v. d. Pflz. p. 110) die Angabe, dass, nach Bildung der dreieckigen Leisten bis zu einer bestimmten Tiefe, die Abschnürung der Theilhälften des Inhalts sehr beschleunigt wird.

ëdrische Theilungen des Zellkerns nicht giebt, dass es vielmehr überall zwei Theilungsschritte sind, die den Zellkern der Mutterzelle in die vier Enkelzellkerne zerlegen. In allen Fällen wird die erste Zweitheilung der Mutterzelle durch die Zellplattenanlage zwischen den ersten beiden sec. Zellkernen angedeutet, bevor die beiden folgenden Zweitheilungen eintreffen.[1])

Tschistiakoff giebt in der Botanischen Zeitung von diesem Jahr (1875 Nr. 6) die Entwicklungsgeschichte des Pollens von Epilobium angustifolium, von Magnolia (purpurea und Yulan) und verschiedener Coniferen. Das Protoplasma der Pollenmutterzellen von Epilobium und Magnolia soll einen Pronucleus, mit echtem morphologischen Nucleus in der Mitte, führen. Bei Coniferen soll es hingegen einen echten Nucleus enthalten, der auch ohne Wassereinwirkung sichtbar ist, bald aber zur Organisation von Pronucleus und Pronucleolus herabgeht. Pronucleus und Pronucleolus scheinen in allen den genannten Fällen bis an die Peripherie des Inhalts zu wachsen. Bei Epilobium wird dann der Pronucleus durch ein oder drei (sechs) Spalten in zwei oder vier Portionen simultan getheilt; bei Coniferen werden in ihm eine oder sechs sehr feine protoplasmatische Theilungslamellen sichtbar als Andeutung der Theilung in zwei oder unmittelbar in vier tetraëdrisch geordnete Theile. Bei Magnolia sieht man den Pronucleus im Aequator und an den Polen dichter werden. Die aequatoriale Lamelle erweitert sich bedeutend und zeigt eine »meridionale Streifung,« während die Substanz der Pole zwei neue künftige Pronuclei darstellt. Die gestreifte Zone erweitert sich mehr und mehr; die Streifung, die stets, wie bei allen andern Protoplasmatheilen, nur unter Wassereinwirkung sichtbar ist, wird undeutlicher, während die Rudimente der beiden neuen Pronuclei sich mehr und mehr vergrössern. Endlich nimmt die gestreifte Zone ganz die Eigenschaften des umgebenden Protoplasmas an, so dass die beiden sec. Pronuclei von einander entfernt sind und in ihrem Innern jetzt vier Nucleoli beherbergen. »Derselbe Theilungsprocess wiederholt sich in jedem der secundären Pronuclei, indem der Inhalt in zwei Theile durch Einschnürung von der Peripherie nach innen fortschreitend, zerfällt.« Die primäre Theilung findet fast gleichzeitig mit der secundären statt. Der Inhalt wird eingeschnürt ohne Betheiligung des Primordialschlauchs, der an der Einschnürungsstelle schwindet. Während des Vorgangs wird aber Zellstoff ausgeschieden und durch diesen Process wird der Inhalt mechanisch eingeschnürt. Dieser Process kann bis zum Schluss der Theilung anhalten oder auch durch ein plötzliches Zerfallen des schon halb eingeschnürten Inhalts vollendet werden. Bei Epilobium wird von einer Streifung des Pronucleus nichts gesagt, nach dessen oben erwähnter Theilung sollen

[1]) Vergl. auch Hofmeister l. c. p. 100.

vielmehr die einzelnen Portionen sich von einander entfernen, endlich unsichtbar werden, worauf im Protoplasma sich zwei oder vier Pronuclei bilden. Die Theilung des Plasmas selbst wird durch plötzliche Ausbildung fester Scheidewände bewirkt, deren Verdickung von der Peripherie und vom Centrum ausgeht. Bei den Coniferen werden erst nach dem Auftreten der schon erwähnten Theilungslamellen Streifen auf der Oberfläche des Pronucleus sichtbar, sie erscheinen als eine Menge schlangenförmiger dichter und glänzender protoplasmatischer Linien, die bald zu leistenförmigen Meridianen verschmelzen. Die Theilungslamellen des Pronucleus sind dann erweitert, sie sind aus glänzenden, protoplasmatischen Klumpen aufgebaut. Die sec. Nuclei werden wie bei Magnolia gebildet. Der Vorgang ist succedan, falls nicht der primäre Pronucleus sich tetraëdrisch getheilt hat. Die Streifen der aequatorialen Zone verschwinden und sammeln sich dann Stärkekörner zu einem aequatorialen, scharf begrenzten Gürtel, der bald bis zum Centrum des Protoplasmas vordringt: einer bei Zweitheilung, sechs bei tetraëdrischer Theilung. Nun spaltet sich diese dem »Körnerplättchen« entsprechende Lamelle in zwei. Die Mutterzellmembran bildet jetzt eine vorspringende Verdickungsschicht, dann wird eine nicht quellbare Cellulosewand in der Mitte der stärkekaltigen Lamelle gebildet; sie schreitet nach der Peripherie fort, wo sie mit der Verdickungsleiste verwächst. Die primäre Theilung ist noch nicht beendet, so beginnt die secundäre. Die Exine soll sich in allen den angeführten Fällen durch unmittelbare Umwandlung des Primordialschlauchs bilden, die Intine durch Ausscheidung von Zellstoff. Das Weitere hierüber bitte ich in der Bot. Zeitung l. c. zu vergleichen.

Von den auf Taf. I der Bot. Zeitung zusammengestellten Figuren nähern sich die wenigsten der Wirklichkeit, die meisten sind merkwürdige Kunstproducte.

Ich habe hier die Tschistiakoff'schen Arbeiten über Pollen in Extenso wiedergegeben, so wird der Leser sich selbst am besten ein Urtheil über dieselben bilden können.

Sehr schön sind alle Einzelheiten der Theilungsvorgänge in den relativ grossen Sporenmutterzellen von *Psilotum triquetrum*[1]) zu verfolgen, wenn auch ihr Inhalt im absoluten Alcohol sich auf gewissen Entwicklungszuständen etwas zusammenzieht und dann oft eine Verschiebung der einzelnen Theile gegeneinander veranlasst.

Bei Psilotum liegen die vier aus einer Mutterzelle hervorgegangenen Sporen fast immer in einer Ebene, trotzdem folgen

[1]) Vergl. auch Hofmeister L. v. d. Pflz. p. 81 u. 82.

die beiden Theilungen ganz ebenso rasch auf einander wie bei den vorhin behandelten tetraëdrisch sich bildenden Pollenkörnern. Unter zahlreichen Mutterzellen findet man auch einzelne, die tetraëdrisch sich theilen.

Die sich eben von einander lösenden Sporenmutterzellen (Taf. VI, Fig. 75) haben bereits einen Zellkern aufzuweisen, der nur wenig der ganzen Zelle an Grösse nachsteht. Derselbe führt ein grösseres oder mehrere kleinere Kernkörperchen, sonst gleichmässig vertheilten feinkörnigen Inhalt. — Nachdem sich die Sporenmutterzellen gegen einander abgerundet (Fig. 76), geht die Kernmasse die streifige Differencirung ein[1]) und tritt die Kernplatte auf.[2]) Die Kernplatte wird hier von relativ langen Stäbchen gebildet (Fig. 77, 79), deren gegenseitige Lagerung am besten aus der Flächenansicht (Fig. 78) ersehen werden kann. Die Fäden der übrigen Kernmasse convergiren stark nach den Polen, ohne sich jedoch an denselben zu treffen;[3]) vielmehr enden sie hier einzeln in einer kleinen, kreisrund umschriebenen Stelle (Fig. 77—81).

Von diesem Sachverhalt kann man sich an sehr vielen Präparaten

---

[1]) Tschistiakoff ist der erste, der von dieser Structur etwas gesehen. Er schildert sie (Bot. Zeitung 1875 Sp. 20) in den Mikrosporenmutterzellen von Isoëtes Durieui wie folgt: Der »Pronucleus« hat die Form eines Ellipsoids . . . auf seiner Oberfläche bemerkt man sehr gut der Länge nach gehende und mehr oder weniger glänzende, d. h. mehr oder weniger dichte Streifen, was eine Differencirung in seiner Substanz bekundet. Die Streifen sind wie Meridiane geordnet. In einer etwas vorgerückteren Phase bemerkt man auf der Oberfläche des Pronucleus einen aequatorialen Wulst, der von einer noch dichteren Substanz gebildet ist. »Dieser Wulst ist nichts Anderes als ein dichteres protoplasmatisches Blättchen, durch welches sich das Protoplasma in seinem physiologischen Centrum theilt und welches demjenigen, das ich im Pronucleus der Angiopteris bei Beginn der Theilung des Protoplasmas vorgefunden habe, vollständig analog ist.« An den Polen des Pronucleus sollen sich nun zwei kleine, durchsichtigere protoplasmatische Sphären bilden, welche sich während der Beobachtung bald in kleine Vacuolen umwandeln und nichts Anderes sind als der zu den physiologischen Functionen in den Einzelportionen des Protoplasmas nach der Theilung bestimmte Pronucleus u. s. w.

[2]) Von Hofmeister gesehen und abgebildet l. c. p. 82 Fig. 16 *d* und *e*, doch (p. 83) für ein Artefact erklärt.

[3]) Wie es etwa Tschistiakoff l. c. Fig. XX oder XXIV abbildet.

überzeugen, wenn auch bei den meisten, unter dem contrahirenden Einflusse des absoluten Alcohols, die convergirenden Fäden mit ihren Enden so aneinander gepresst werden, dass der Kernkörper jederseits in eine scharfe Spitze auszulaufen scheint. Die gestreifte Kernmasse und die Kernplatte setzen hier stets ziemlich scharf gegen das umgebende Protoplasma ab, die Contour um die Kernplatte wird besonders auffällig, wenn man diese Platte von der Fläche betrachtet. — Die Spaltung der Platte und die verschiedenen Zustände ihres Auseinanderweichens glückte es mir wiederholt mit Alcohol fixirt zu finden; so in den Figuren 80 u. 81. In Fig. 82 haben die beiden Endflächen der Platten ihre definitive Entfernung fast erreicht; die Streifung zwischen ihnen und den Polen ist geschwunden: es beginnt die Differencirung der beiden Schwesterkerne, sowie die Verdickung der ausgespannten Fäden im Aequator. Einen weiteren Zustand stellt Fig. 83 dar, in welcher die Zellplatte schon angelegt erscheint. Die beiden Schwesterkerne sind hier, ähnlich wie wir das auch in den Mutterzellen der Pollenkörner meist sehen konnten, so weit auseinandergerückt, dass sie mit ihrer Aussenseite fast an die Wand der Mutterzelle anlehnen. Sie erscheinen gleichmässig körnig. Sofort nach ihrer Bildung beginnt auch wieder ihre Theilung und zwar entweder in derselben Ebene (Fig. 86), oder was, wie schon gesagt, nur als Ausnahme vorkommt, in sich kreuzenden Ebenen. Dass sich hierbei die nämlichen Vorgänge wiederholen wie bei der ersten Theilung, zeigen die Figuren 84 u. 85, Tafel VI. Die Stäbchen der Kernplatten und die gestreiften Kernmassen sind nur entsprechend kleiner. In Folge der ungleichmässigen Contraction im Alcohol, der auf diese Zustände besonders empfindlich einwirkt, sind meist die beiden gestreiften Kerne mit sammt ihren Kernplatten gegen einander verschoben, nur selten trifft man sie in ganz normaler Lage. Zwischen den werdenden Enkelzellkernen, die auch fast bis an die Wand der Mutterzelle auseinanderrücken, bilden sich die beiden neuen Zellplatten, die alsbald ebenso weit entwickelt erscheinen, wie die zuvor zwischen den Tochterzellkernen angelegte. Die in den Kernfäden erzeugten Zellplatten, sowohl die primären als die

secundären, reichen hier, wie auch meist in den Pollenmutterzellen, gleich bis an die Hautschicht der Mutterzelle, so dass sie nicht erst am Rande ergänzt zu werden brauchen. Sehr schön lässt sich hier die Spaltung der Zellplatte in die beiden Hautschichtplatten verfolgen: wie sie zunächst in einzelnen Punkten beginnt und diese erst zu einer zusammenhängenden Fläche allmälig verschmelzen. Doch sind solche Präparate mit punktförmig angedeuteter Spaltung höchst selten, jedenfalls ein Beweiss, dass der ganze Vorgang sehr rasch abläuft.

Gleichzeitig mit der Spaltung geht die Ausscheidung der Cellulose vor sich, und zwar simultan in der ganzen Spaltungsfläche. Körniges Material zur Bildung derselben findet man an der Zellplatte hier, wie auch sonst in den meisten Fällen, nicht angesammelt, dasselbe wird also wohl in gelöster Form aus entfernteren Orten zugeführt.

Die Mutterzellwand, als auch die jungen Scheidewände,[1]) sind hier ganz ausserordentlich quellungsfähig, ja selbst wieder in concentrirtem Glycerin. Um dieselben ungequollen zu sehen musste ich die Alcohol-Präparate im Alcohol untersuchen. Meine Zeichnungen sind hingegen nach in Glycerin eingelegten Alcohol-Präparaten ausgeführt, da durch die Quellung der Wand der erhärtete Inhalt nur noch wenig leiden konnte. Frische Objecte gelang es mir, eine kurze Zeit hindurch, unversehrt in Hühnereiweiss zu beobachten, doch sind die Brechungsdifferencen der protoplasmatischen Inhaltsmassen während der Theilungsvorgänge im frischen Zustande so gering, dass sie kaum eine Einsicht in die feineren Details gestatten.[2]) Ich begnügte mich also damit festzustellen, dass die frischen Objecte keinesfalls den an Alcohol-Präparaten gewonnenen Resultaten widersprechen; eine Prüfung, die insofern fast überflüssig erscheinen konnte, als ich ja ander-

[1]) Dass die Scheidewände bei Sporen und Pollenkörnern aus der mittleren, erhärteten Lamelle einer ausgeschiedenen Gallerte gebildet werden sollten, wie es Tschistiakoff will, ist für diese Fälle hier eben so wenig richtig wie für Spirogyra, für die er es gleichfalls behauptet hat. Es erhärtet hier vielmehr überall die ganze ausgeschiedene Cellulose zur Membran.

[2]) Tschistiakoff schliesst daraus, dass es nur chemische, keine morphologischen Vorgänge sind etc. Vergl. Bot. Zeitung 1875 Sp. 7.

wärts die hier geschilderten Theilungsvorgänge in übereinstimmender Weise sich unter meinen Augen hatte abwickeln sehen.

Die Zellkerne junger Sporenzellen erscheinen im frischen Zustande ganz homogen, an Alcohol-Präparaten gleichmässig körnig. Man kann oft in ganz jungen Sporenzellen, welche durch die Quellung der in Anlage begriffenen Scheidewände etwas auseinandergerückt worden, noch die Protoplasmafäden sehen, die vom Zellkern nach der Trennungswand verlaufen und in der Hautschicht an derselben enden (Fig. 89 u. 91). Sehr bald wird diese Anordnung aber verwischt. Die Sporenzellen bilden in gewohnter Weise ihre bleibenden Wände und werden nach Auflösung der s. g. Specialmutterzellwände frei. (Fig. 92).

Die Sporenmutterzellen von Funaria hygrometrica sind für die Verfolgung der Einzelheiten des Theilungsvorgangs nicht günstig,[1]) schon weil relativ klein, doch galt es mir, für dieselben auch nur festzustellen, ob die an die Mutterzellwände ansetzenden Scheidewände in ihnen, wie in den bisher betrachteten Fällen, gebildet werden, oder, ob den Angaben von Sachs[2]) gemäss, ihre Bildung unterbleibt. An den von mir untersuchten Exemplaren war nun das erstere der Fall und hatten sie sämmtlich die in Frage stehenden Scheidewände aufzuweisen.[3]) Alcohol-Präparate zeigten das auf das Bestimmteste.

Andererseits sollten auch nach übereinstimmenden Angaben von Sanio[4]) und Sachs die Sporenmutterzellen von Equisetum völlig nackt sein. Ich selbst konnte mich zum Mindesten bei

[1]) Hofmeister (Vergl. Unters. p. 75 u. Taf. XVI Fig. 1—4 u. Lehre v. d. Pflz. p. 83) giebt an, der primäre Zellkern in den Sporenmutterzellen von Funaria werde bis zur Bildung der tertiären erhalten. Von Sachs wird dieses Verhältnisses nicht erwähnt; die Objecte, die ich frisch im Wasser untersuchte, sprachen in der That für die Hofmeister'sche Auffassung, eben so die gleichen Zustände bei Physcomitrium pyriforme. Bei Encalypta vulgaris wird hingegen der primäre Zellkern in gewohnter Weise getheilt.

[2]) Lehrbuch IV. Aufl. p. 13.

[3]) So auch nach den Angaben von Hofmeister, Vergl. Unters. p. 75.

[4]) Bot. Zeitung 1856 Sp. 178, auch Tschistiakoff. Nuovo Giorn. Bot. Italiano Vol. VI. p. 223.

Equisetum limosum an Alcohol-Präparaten von der Existenz einer sehr zarten, sich vom Protoplasma abhebenden Membran überzeugen. Die Theilung dieser Mutterzellen erfolgt tetraëdrisch in der typischen Weise und giebt an Alcohol-Präparaten ein für die Untersuchung ausserordentlich günstiges Object dar. Der Umstand, dass die Entwicklungszustände innerhalb eines Sporenfaches sich nicht alle auf völlig gleichem Stadium befinden, erleichtert sehr das Auffinden aller Mittelstufen. Nach Lösung der Specialzellwände sind die jungen Sporen in der That eine kurze Zeit nackend.[1]) Sie liegen in einer Zwischenmasse eingebettet, die zahlreiche bald zur Membranbildung zu verwerthende Stärkekörner führt.

Höchst merkwürdig ist die Sporenbildung derjenigen Lebermoose, deren Sporenmutterzellen den Sporen entsprechende Ausstülpungen bilden. Ich untersuchte hierfür *Pellia epiphylla*. Die noch kugeligen Sporenmutterzellen füllen sich nach Hofmeister (vergl. Unters. p. 20) mit sehr zahlreichen kleinen Chlorophyllkörperchen an. Dann erfolgt nach Dippel (Mikroskop p. 57) die Bildung der vier Zellkerne, welcher Vorgang durch das Chlorophyll verdeckt wird. Entsprechend der Stellung der vier Zellkerne, ob rein übers Kreuz, ob tetraëdrisch, sollen nunmehr aber die vier Aussackungen der Mutterzelle gebildet werden, in welche je ein Zellkern hineinwandert. Die Zellkerne seien auch hier fast vollständig von dem dichten, an Chlorophyllkörnern reichen Inhalt verdeckt. Die Ausstülpungen nehmen alsbald eiförmige Gestalt an, doch stehen sie noch in offener Verbindung mit einander.

Das Material, das mir Ende December zur Verfügung stand, zeigte nun alle die folgenden Entwicklungszustände, bis zur Trennung der fertigen Sporen. Ich fand es vortheilhaft, statt Wasser, mit dest. Wasser verdünntes Hühnereiweiss für meine Untersuchungen zu benutzen. — An dem innern Rande der vier Ausstülpungen ist die

[1]) So auch Hofmeister L. v. d. Pflz. p. 149. Russow l. c. 149. Sachs l. c. p. 14.

Mutterzellwand am stärksten verdickt; [1]) es entstehen so gleichsam leistenförmige Vorsprünge in dem gemeinsamen Innenraum, die im optischen Durchschnitt zapfenartig erscheinen.[2]) Bei gekreuzter Stellung der Sporen sind die Leisten in Dreizahl vorhanden: eine als vollständiger Ring und zwei als Halbringe. Bei tetraëdrischer Stellung der Sporen hingegen in bekannter Weise angeordnete sechs Leisten. Bei günstiger Lage der Mutterzellen habe ich mich nun auf das Bestimmteste überzeugen können, dass auch hier die Theilung des Inhalts so vor sich geht, dass Zellplatten, an die zapfenartigen Vorsprünge ansetzend, im Innenraum der Mutterzelle sich bilden. Die Beziehung der Kerne zu der Theilung war hier nicht aufzuklären; der dichte, körnige Inhalt verdeckte diese Verhältnisse.

Hat man übrigens die richtige Concentration der Eiweisslösung für die Untersuchung der Sporen getroffen, so werden letztere, ohne zu platzen, entschieden durchsichtiger, so dass die Zellplatten deutlicher hervortreten. In denselben beginnt dann sehr bald die Spaltung und Ausscheidung von Cellulose. Letztere ist sehr quellungsfähig, so dass nach ihrer Bildung die Sporenzellen sofort auseinandergerückt werden, und so, namentlich bei der Untersuchung im Wasser, ein scheinbar inhaltsleerer, innerer Raum entsteht. Dieses wohl die Veranlassung zu den übereinstimmenden Schilderungen von Hofmeister [3]) und von Dippel, [4]) dass die Sporen durch eine nach innen convexe Wand vom tetraëdrischen, nur mit wasserklarer, durchsichtiger Inhaltsflüssigkeit erfüllten Mittelraume der Mutterzelle abgeschieden werden.

»Diese zarte Membran,« schreibt Hofmeister, »ist nicht etwa der Kante der breiten, in den Mittelraum vorspringenden Leisten aufgesetzt, sondern sie schmiegt sich der Fläche derselben an und umschliesst den ganzen Inhalt der Ausbuchtung, der somit

---

[1]) Vergl. auch Hofmeister l. c. p. 20.

[2]) Vergl. die Abbildungen bei Hofmeister l. c. Taf. VI und bei Dippel l. c. Taf. IV.

[3]) l. c. p. 20.

[4]) l. c. p. 58.

jetzt eine sehr zartwandige eiförmige Zelle darstellt: die junge Spore.«

Was Hofmeister aber so als den Theilungsvorgang selbst beschreibt, ist schon die Bildung der bleibenden Wandung der Spore, die in gewohnter Weise angelegt wird und erst auf die innern quellenden Scheidewände der Mutterzelle folgt. Die Sporenmembran zeigt alsbald feine Poren, und nicht selten ganz feine Vorsprünge auf ihrer Oberfläche. Oft sieht man nun, wohl in Folge schwacher Quellung der Sporen in der Eiweisslösung, die dünne Wandung der Mutterzelle an den Enden der Ausstülpungen platzen und die Sporen hervortreten. Dann bleiben die entleerten Mutterzellhäute in ihrer ganzen Vollständigkeit zurück; in der Natur hingegen werden die dünnen Theile derselben bei der Befreiung der Sporen gelöst, und nur die verdickten Leisten bleiben eine Zeitlang erhalten. Sie stellen, wie schon Hofmeister (l. c. p. 21) hervorhebt, ausserordentlich zierliche Objecte dar, die man in der Kapsel zwischen den Sporen findet. Ihre Gestalt ist aber verschieden, je nachdem die Anordnung der Sporen eine gekreuzte oder tetraëdrische war.

Von hohem Interesse war es mir nun auch, die Sporenentwicklung bei *Anthoceros* zu verfolgen. Von Anthoceros laevis stand mir reiches Material zu Gebote. Ich habe hier zunächst längere Zeit die früheren Objecte, ebenfalls in Hühnereiweiss, dann auch, und zwar mit übereinstimmenden Resultaten, Alcohol-Präparate untersucht, welche letztere hier übrigens wenig günstig sind und weit stärker verändert erscheinen als in den meisten andern Fällen. Ich hebe das ausdrücklich hervor, um etwaigen Enttäuschungen an Alcohol-Präparaten bei späteren Untersuchungen vorzubeugen. Es gilt auch hier, die Wirkung des absoluten Alcohols erst für jedes Object durch Versuch auszumitteln.

In einem und demselben Sporogonium von Anthoceros findet man alle Zustände der Sporenentwicklung beisammen, da das Reifen der Mutterzellen von der Spitze nach dem Grunde der schotenförmigen Kapsel fortschreitet. Die Entwicklung dieser

Sporen ist aber so oft geschildert und abgebildet worden,[1]) dass ich mich hier auf nur kurze Angaben beschränke und auf die älteren Zeichnungen verweisen kann. Zunächst ist es sicher, dass der Mutterzellkern hier nicht in Theilung eingeht,[2]) vielmehr unverbraucht zurückbleibt und schliesslich aufgelöst wird, während aus einer chlorophyllhaltigen (bei Anth. laevis), oder farblosen (bei Anth. punctatus Hofm. l. c. p. 7), einseitig am Mutterzellkern angesammelten Protoplasmaplatte die neuen Zellkerne hervorgehen. Diese einseitige Platte theilt sich zunächst in zwei Hälften; diese rücken auseinander, indem sie feine Fäden zwischen sich ausspannen, und jede Hälfte theilt sich in gleicher Weise noch einmal. Die feineren Vorgänge der Kernbildung werden bei Anthoceros laevis durch die Stärkekörner verdeckt. Die Kerne liegen innerhalb der Stärkemassen, sind relativ klein und treten nur selten seitlich zwischen denselben hervor. Zwischen den vier sich tetraëdrisch anordnenden, fast die Mutterzellwand erreichenden Kernmassen sind aber die Kernfäden in gewohnter Weise ausgespannt. Hier sind diese Fäden, auch von ältester Zeit (v. Mohl 1839) an, gesehen worden. Der primäre Kern der Mutterzelle wird, nach vollendeter tetraëdrischer Vertheilung der neuen Kernmassen, zwischen denselben in der Mitte liegend und immer blasser werdend, endlich völlig aufgelöst. Das Kernkörperchen pflegt etwas länger als der Kern selbst sichtbar zu bleiben. Nun beginnt in den Kernfäden die Bildung der Zellplatten; alle sechs werden hier gleichzeitig angelegt. Dann treten in den Zellplatten die Scheidewände auf.

Hugo v. Mohl und Hofmeister (vergl. die Abbildungen: Lehre v. d. Pflz. p. 111), will ihr allmähliges Eindringen von der Wand der Mutterzelle aus nach dem Centrum beobachtet haben. Es ist ein solches Eindringen nicht ausgeschlossen, ich habe mich aber nie von demselben mit voller Sicherheit überzeugen können;

[1]) Von v. Mohl Linnaea 1839 u. Verm. Schriften p. 84. Von Naegeli Zeitsch. f. w. Bot. Bd. I, Heft I p. 49. Von Schacht Bot. Zeitung 1850. Von Hofmeister Vergl. Unters. 1851 p. 7 und Lehre v. d. Pflz. 1867. p. 111 u. 112.

[2]) Nur Tschistiakoff stellt die Sache anders dar. Bot. Zeitung 1875 Sp. 23.

das normale Verhalten ist es jedenfalls, dass die Wand auf einmal durch die ganze Zellplatte gebildet werde. Die jungen Scheidewände sind hier wiederum ausserordentlich quellungsfähig, wie in den meisten Fällen, wo sie alsbald wieder aufgelöst werden sollen. Die Quellungsfähigkeit derselben nimmt an den Einfügungsstellen ab; in geringerem Maasse auch an den innern Kanten; daher erscheinen die gequollenen Scheidewände in ihrem mittleren Theile bauchig aufgetrieben. Stellt man auf die Oberfläche der Mutterzellwand ein, so zeichnet sich der äussere, schmale Rand der Scheidewände als eine stärker lichtbrechende Linie inmitten des durchscheinenden, etwas tieferliegenden, breit aufgequollenen Theils, was vielleicht zu der Annahme verleiten konnte, die Scheidewand entstehe hier als eine erhärtete, mittlere Lamelle aus einer gallertartigen Masse.[1]) — Jede Spore scheidet nun ihre besondere Membran aus, die als eine äusserst zarte, stärker lichtbrechende Verdickungsschicht an den vorhandenen Wandungen auftritt, bald an Dicke zunimmt und dann ihre, auf der Aussenseite sich bildenden Vorsprünge (ähnlich den Pollenkörnern vergl. u. a. die Abbild. bei Sachs Lehrbuch IV. Aufl. p. 33, Fig. 34) in diese Wandungen hinein differencirt. Gleichzeitig beginnt diese bleibende Sporenhaut sich zu bräunen, und durch die nun erfolgende Auflösung der Mutterzellwand und der Scheidewände werden die Sporen frei.

Hofmeister führt in seinen Vergleichenden Untersuchungen (p. 74, 75), und znletzt in seiner Lehre von der Pflanzenzelle p. 83, ausser Anthoceros auch noch Physcomitrium und Funaria als solche Pflanzen an, in deren Sporenmutterzellen der primäre Zellkern die Bildung der tertiären Zellkerne überdauert. Wir können auch diese letzteren Angaben bestätigen.

Nicht wenig aber ist es auffallend, dass sich diese Verhältnisse auch in den Makrosporenmutterzellen von *Isoëtes Durieui Bory.* wiederholen. Die Pflanzen sammelte ich Ende Mai verflossenen Jahres (1874) in Gesellschaft der Herren Thuret und

---

[1]) So Tschistiakoff Bot. Zeitung 1875 Sp. 23.

[2]) Ueber die letzteren vergl. das p. 139 Gesagte.

Bornet am Meeresufer bei Antibes. Es gelang mir, dieselben lebend nach Jena zu bringen, wo sie, in Blumentöpfen und zwar in sandigem Boden gepflanzt, bis jetzt vorzüglich gediehen.

Nach Hofmeister[1]) sind bei Isoëtes lacustris die Mutterzellen der Makrosporen erheblich grösser als diejenigen der Mikrosporen. Die Sporenmutterzellen zeigen einen grossen Zellkern, der allmälig blasser wird, endlich verschwindet, nachdem, zwischen seiner Peripherie und der Innenwand der Zelle, zwei stark abgeplattet sphärische Anhäufungen körnigen Schleimes aufgetreten waren. Nach dem Verschwinden der Membran des primären Kernes nehmen jene Schleimhaufen sofort ellipsoidische Gestalt an und erscheinen als zwei secundäre Kerne. Zwischen diesen kann sich die Zelle nun theilen, oder die beiden Zellkerne werden zuvor verflüssigt, vier neue gebildet und dann erst die Theilung der Zelle zwischen denselben ausgeführt. Der letztere Fall ist der seltenere. Die vier Zellen liegen in einer Ebene, nur höchst selten kommt die Anordnung nach den Ecken eines Tetraëders vor. — Ich vermuthe, es handelt sich bei dieser Schilderung nur um die Mikrosporenmutterzellen, von denen auch die Abbildungen (Taf. XIV) stammen. Es wird das zwar nirgends im Text gesagt, doch heisst es weiter unten: »Die Specialmutterzellen der grossen Sporen ausnahmslos tetraëdrischer Anordnung« etc.

Im Nuovo Giornale botanico italiano (Bd. V. p. 207 u. ff.) hat Tschistiakoff vorläufige Bemerkungen über die Entwickelungsgeschichte der Sporangien und der Sporen von Isoëtes Durieui[2]) veröffentlicht. Ich möchte hier auch am liebsten mit Sachs[3]) sagen: »zumal sind mir seine (Tschistiakoff's) Auseinandersetzungen über das Verhalten des Nucleus und die Theilungsvorgänge unverständlich,« andererseits möchte ich doch aber Tschistiakoff in jeder Weise gerecht werden und versuche es daher, ihm in seinen Auseinandersetzungen zu folgen. — In den isolirten Mutter-

[1]) Beiträge zur Kenntniss der Gefässpflanzen. Abhandl. der M. P. Cl. d. Kl. Sächs. Gesells. d. Wiss. 2. Band p. 152. 1855.

[2]) Notice préliminaire sur l'histoire du developpement des Sporanges et des Spores de l'Isoëtes Durieui Bory.

[3]) Lehrbuch IV. Aufl. p. 472.

zellen der Mikrosporen sollen also nach Tschistiakoff (l. c. p. 209), während aller Zustände ihrer Theilung, der Nucleus und Nucleolus der Autoren nur unter dem Einfluss des Wassers auftreten, weshalb sie von Tschistiakoff bis zur Theilung des Protoplasmas in zwei Theile, als nur physiologisch seiend, angesehen werden. Das Wasser, nach einer, bisher nicht veröffentlichten Methode, als chemisches Reagens gebraucht, macht den Nucleus und Nucleolus sichtbar, indem es sie in den Nucleus und Nucleolus der Autoren verwandelt. Der primäre, excentrische Nucleus der Autoren schwindet nun zur Zeit der Zweitheilung, so dass das Wasser keinen Nucleus mehr auftreten lässt, doch bald zeigt sich ein neuer, centraler Nucleus (auct.), der sich in zwei theilt (wie es Herr Naegeli schon gesehen hat), während das Wasser uns erlaubt, dort (d'y voir) mehrere concentrische Sphären zu sehen, die wohl das sind, was man nach den Autoren concentrische Nuclei nennen müsste. Die Trennung des Protoplasmas schreitet von innen nach aussen fort. Die Mutterzellen theilen sich constant in zwei Intervallen: die zweiten Theilungen erfolgen wie die ersten. Dann bilden sich die Specialmutterzellen, doch nicht im Sinne Naegeli's, denn seine »Specialzellen« existiren nirgends. Die Mutterzellen der Makrosporen haben ganz andere Eigenschaften, ganz ähnlich den Sporenmutterzellen von Anthoceros laevis. Die wahren Nuclei werden hier in Anwesenheit des wahren primären Nucleus gebildet. Die protoplasmatischen Balken, welche sie untereinander verbinden, entstehen auf Kosten mehrerer protoplasmatischer Fäden, welche mit einander verschmelzen. Die Theilung schreitet ebenfalls von innen nach aussen fort, sie ist stets tetraëdrisch. In der Botanischen Zeitung 1875, Sp. 20 u. ff. scheint Tschistiakoff theilweise seine Auffassungen geändert zu haben, auch finden wir hier noch weitere Details zugefügt; es wäre fast zu glauben, dass derselbe inzwischen auch Alcohol-Material untersucht hätte.

Es werden da vor allem, wie ich es in einer Anmerkung schon anführte, auf der Oberfläche des Pronucleus die Streifen angegeben, wie Meridiane angeordnet. Dann der aequatoriale Wulst, ein dichteres protoplasmatisches Plättchen, durch welches

sich das Protoplasma in seinem physiologischen Centrum theilt. Dann weiter an den Polen des Pronucleus die protoplasmatischen Sphären, die sich bald in Vacuolen verwandeln: die Pronuclei. Die Theilung geht vom Centrum aus nach der Peripherie hin: sie geht nur in Folge der sich je nach ihrer Polarität gruppirenden Molekülen vor sich, so zwar, dass die ihrer Natur nach verschiedenen Gruppen sich durch die gegenseitige Repulsionskraft trennen müssen. Für die Makrosporenmutterzellen hebt nun Tschistiakoff, seinen früheren Behauptungen entgegen, hervor, dass er die Stärkemassen nicht für Nuclei hält. Die vier secundären Nuclei entstehen im Innern des primären, der sich hierauf löst; dann legen sie sich jeder vor eine der inzwischen schon tetraëdrisch vertheilten Stärkemassen. In der Nähe der Stärkemassen divergiren nach allen Richtungen unzählige protoplasmatische Fädchen; an den Kreuzungsstellen der Fäden entstehen tetraëdrisch angeordnete, dichtere und gleichförmige Platten, bestimmt, durch die sie später durchziehenden und in zwei Platten trennenden Spalten das Protoplama in Einzelportionen zu theilen.

Doch ich gehe nun zu meinen eigenen Untersuchungen über.

Die Mutterzellen der Makrosporen von Isoëtes Durieui sind wohl die schönsten Objecte, um einige, die Zelltheilung begleitenden Erscheinungen zu studiren. Sie sind von einer, unter Mutterzellen von Sporen und Pollenkörnern ganz ungewohnten Grösse, dabei aber ganz durchsichtig. Sie lassen sich auch in allen Entwickelungszuständen, vorzüglich mit absolutem Alcohol, fixiren und geben dann in Glycerin die instructivsten Präparate, die man sich nur denken kann. Die isolirten, kugeligen Mutterzellen erreichen schon, vor jeder Theilung, einen Durchmesser von circa 0,075 Mm. Der centrale Zellkern wird von grossen Stärkekörnern und dichterem Protoplasma mehr oder weniger einseitig bedeckt. Der Zellkern ist inhaltsarm, die übrige Mutterzelle von ziemlich weit- und zart-maschigem Protoplasma erfüllt (Taf. VI Fig. 93). Das dem Kern anliegende Protoplasma theilt sich nun, während die Mutterzelle selbst etwas an Grösse zunimmt, in zwei Hälften. Jede der beiden Protoplasmamassen nimmt annähernd auch die Hälfte aller Stärkekörner mit; zwischen

den einander zugekehrten Flächen der Protoplasmamassen haben sich, während ihres Auseinanderweichens, die Kernfäden in gewohnter Weise gebildet. Der inhaltsarme Mutterzellkern wird durch dieselben zur Seite gedrängt (Fig. 94). Dann erweitern sich die beiden Protoplasmamassen in sich kreuzenden Richtungen (Fig. 94) und theilen sich alsbald noch ein Mal. Jede der vier Stärkegruppen rundet sich jetzt mehr oder weniger ab, doch ohne irgend welche gemeinsame Hülle zu erhalten, sie liegt vielmehr in einem feinkörnigen Protoplasmaklumpen eingebettet, von dem die Kernfäden ausgehen. Die Massen ordnen sich rein tetraëdrisch an, wobei sie in einiger Entfernung von der Mutterzellwand bleiben (Fig. 95). Der primäre Mutterzellkern ist jetzt wieder in die Mitte der Mutterzelle gedrängt worden; er ist allseitig von den äusserst zahlreichen, feinen Kernfäden umgeben, deren Zahl durch nachträgliche Differenzirung sich hier jedenfalls bedeutend vermehrt hat. Der Mutterzellkern wird aber immer inhaltsärmer, während seine Hautschicht dicker und granulirter erscheint (Fig. 95); endlich schwindet er vollständig. Es fällt diess sein Verschwinden mit der Zeit zusammen, in der die Zellplatten gebildet werden. Letztere entstehen alle sechs gleichzeitig. Da sie im Mittelpunkte der Mutterzelle zusammenstossen, so muss aus demselben erst der Mutterzellkern entfernt werden. Um diese Zeit beginnt aber auch erst die Differencirung der Zellkerne in den vier Protoplasmamassen. Die Anlage beginnt immer seitlich von der Stärkemasse und zwar, so weit sich diess noch sicherstellen lässt, auf derjenigen Seite, welche der letzten Theilungsfläche zugekehrt ist. Es zeigt sich hier eine Verdichtung im Protoplasma; so entsteht zunächst ein solider Körper, der sich beim Vergrössern aushöhlt, wobei mehrere (meist unbestimmt begrenzte) Kernkörperchen in seinem Innern auftreten (Fig. 96—98). Anfangs liegen die Kerne noch der Stärkekörnergruppe an, entfernen sich dann aber von derselben (Fig. 99 u. 100). Die Entwickelung der Kerne ist, abgesehen von ihrem Ursprung, nicht unähnlich derjenigen, die sie bei ihrer Differenzirung aus den Kernhälften sonst zu durchlaufen haben: auffallend ist das so weite Hinausschieben ihrer

Differencirung. — Die Zellplatten entstehen hier aber nicht, wie Tschistiakoff will, durch Kreuzung ursprünglich getrennter protoplasmatischer Fäden, vielmehr durch den uns schon bekannten Vorgang, der sich hier in höchst eleganter Weise verfolgen lässt. Die zahlreichen äusserst feinen und homogenen Protoplasmafäden, die zwischen den Kernmassen ausgespannt sind, beginnen die Plattenbildung, indem sie in der mittleren Länge ihres Verlaufes anschwellen und quer anastomosiren (Taf. VI, Fig. 95). So entstehen alsbald die in Fig. 98 dargestellten, vollständigen Hautschichtplatten. Die ausgespannten Kernfäden erreichen nicht ganz im Aequator die Hautschicht der Mutterzelle und müssen die Zellplatten dem zu Folge von dem weitmaschigen Protoplasma, das ausserhalb der Kernfäden den Zellraum erfüllt, ergänzt werden. Die Hautschichtplatten sind auch hier zunächst durchaus einfach, spalten sich aber alsbald in der gewohnten Weise in je zwei Hälften, zwischen welchen gleichzeitig sehr quellbare Cellulose als Membran ausgeschieden wird (Fig. 99 u. 100). Es waren keine sichtbaren Stoffe zur Bildung derselben an der Zellplatte wahrzunehmen.

Instructiv ist zu verfolgen, wie auch nach der Trennung die feinen Protoplasmafäden zunächst noch gegen die Hautschicht verlaufen, sich dort zu derselben gleichsam ausbreitend (Fig. 99); diese Anordnung wird jedoch alsbald unkenntlich (Fig. 100). Die Ausscheidung der Cellulosemembran erfolgt gleichzeitig in der ganzen Ausdehnung der Zellplatte; Leisten werden an der Mutterzellwand nicht erzeugt, ebenso wenig als etwa bei Psilotum oder Anthoceros.

Es ist gewiss nicht wenig auffallend, an einer durch alle übrigen Charaktere so weit von Anthoceros entfernten Pflanze ganz dieselbe eigenthümliche Abweichung in der Theilung der Makrosporenmutterzelle wiederzufinden. An eine Homologie beider Vorgänge ist in keiner Weise zu denken, ja um so weniger, als merkwürdiger Weise die Mutterzellen der Mikrosporen von Isoëtes Durieui in dem gewöhnlichen Theilungsmodus verblieben sind. Letzteres macht es sogar wahrscheinlich, dass die abweichende Art der Makrosporenbildung bei Isoëtes erst innerhalb dieser

Gattung selbst entstanden ist. Was aber bei Anthoceros sowohl wie bei Isoëtes die Uebereinstimmung dieser Abweichung veranlasst haben kann, ist die relative Substanzarmuth des primären Kernes und seine geringe Grösse im Verhältniss zu dem bedeutenden Volumen der Mutterzelle.

Die Mutterzellen der Mikrosporen sind, wie gesagt, in dem gewöhnlichen Theilungsmodus verblieben und bieten sogar, mit absolutem Alcohol fixirt, sehr günstige Objecte, um die normale Theilung zu verfolgen. Sie stimmen in ihrem Verhalten fast vollkommen mit den monocolyten Pollenmutterzellen überein. Eben isolirte Mutterzellen haben einen Durchmesser von nur etwa 0,023 Mm. und vergrössern sich auch in der Folge nur wenig. Der Durchmesser ihres Zellkerns ist etwa um die Hälfte kleiner. Der Zellkern liegt central in feinkörnigem Protoplasma eingebettet, scheint selbst von ziemlich der gleichen Consistenz wie seine Umgebung zu sein und führt ein grosses Kernkörperchen. Der Zellkern vergrössert sich dann, das Kernkörperchen schwindet, die Kernmasse nimmt die spindelförmige Gestalt und die gestreifte Structur an und bildet die Kernplatte. Auch hier kann man leicht sehen, dass die Fasern der gestreiften Kernmasse nicht in einem Punkte an den Polen, vielmehr in einer kreisförmig umschriebenen Fläche dort enden. Die Theilung der Mutterzelle erfolgt in zwei Intervallen. Erst nach vollendeter Ausscheidung der Cellulosewand zwischen den beiden Tochterzellen beginnt die Bildung der Enkelzellen aus denselben. Fast ausnahmslos werden letztere übers Kreuz angelegt. Schon während der jedesmaligen Differencirung der neuen Kerne aus den entsprechenden Hälften der Mutterkernsubstanz, sieht man diese Kerne sich vacuolenartig aushöhlen und meist ein, seltener mehr Kernkörperchen in der Höhlung sich zeigen. Doch das sind alles Vorgänge, die, wie wir sehen, so nahe an das uns schon für die Pollenmutterzellen der Monocolyten Bekannte anschliessen, dass es keiner weiteren Schilderung derselben hier mehr bedarf.

Wir wollen schliesslich noch einige solcher Fälle ins Auge fassen, wo eine grössere Anzahl von Tochterzellen aus dem gesammten Inhalte einer Mutterzelle hervorgeht.

Ich beginne mit einem auch sonst in jeder Beziehung merkwürdigen Beispiele, das ich de Bary [1]) entnehme und welches am besten zeigt, wie solche simultane Theilungsvorgänge mit der Zweitheilung zusammenhängen und wie sie von derselben, wie ich meine, nur durch Verkürzung der Entwickelung abzuleiten sind.

Bei *Craterospermum laetevirens* A. Br. wird die junge Keimpflanze zunächst von einem einzelligen Schlauche gebildet, der auch nur eine einzige Chlorophyllplatte besitzt. Bei weiterem Wachsthum des Schlauches zerfällt diese Platte aber der Quere nach »in vier Partien, welche durch farblose, Zellsaft führende Interstitien getrennt werden.« — Diess »ist das erste Anzeichen einer bevorstehenden Theilung des Keimschlauches durch Querwände.« Um die Mitte einer jeden der vier Platten entsteht die ringförmige Anlage einer Querwand, die, unter gleichzeitiger Einfaltung des Primordialschlauches und Einschnürung der Platte in der Mitte, centripetal in das Lumen des Schlauches hineinwächst und sich zuletzt zur vollständigen Membranlamelle schliesst, nachdem die Platte sich vorher in zwei Hälften getheilt hat. Das Zerfallen der vier Platten und die Bildung der vier Querwände beginnt und vollendet sich durchaus gleichzeitig, der Keimschlauch theilt sich somit durch Querwandbildung mit einem Male in fünf Tochterzellen. Aus der Anordnung der Platten vor der Theilung und der angegebenen Stellung der Querwände geht hervor, dass von jenen fünf Zellen des jungen Fadens die oberste und unterste mit je einer, die drei anderen mit je zwei Chlorophyllplatten versehen sind. Bei den folgenden Theilungen entstehen nun in einer jeden Zelle gleichzeitig so viele Querwände, als Chlorophyllplatten in derselben vorhanden sind, und zwar je um die Mitte einer Platte eine Querwand. Jede der drei mittleren zweiplattigen Zellen theilt sich somit gleichzeitig in drei

[1]) Conjugaten p. 16 u. 17.

Tochterzellen, deren mittlere wiederum zwei, deren seitliche je eine Chlorophyllplatte erhalten. Die oberste und unterste der fünf erstgebildeten theilen sich durch eine Querwand in je zwei mit je einer Platte.« — »In allen anderen Zellen des Fadens wiederholen sich die Theilungen fort und fort in gleicher Weise. Eine einfache Chlorophyllplatte zerfällt, ausser bei der Querwandbildung, niemals in zwei. Es bleiben daher, so viel neue Zellgenerationen auch entstehen mögen, stets drei zweiplattige, Dreitheilung zeigende Zellen, während durch ihre und der einplattigen Theilung die Zahl der letzteren fort und fort vermehrt wird.« (Vergl. hierzu l. c. die Figuren 1—13, Taf. III.)

Bei diesen ersten Theilungen scheinen die Zellkerne zu fehlen, welche in späteren Zellgenerationen zu sehen sind. In den Zellen mit nur einer Platte liegt der Zellkern genau in der Mitte der letzteren. Merkwürdig ist aber das Verhalten der beiden zweiplattigen Zellen, von welchen sich der Faden durch seine ganze Existenz hindurch nicht befreien kann. Diese beiden Zellen sollen dann auch je zwei Zellkerne erhalten und zwar diese Zellkerne hier nicht in der Mitte ihrer respectiven Platten, sondern dem farblosen Zwischenraum, der beide trennt, näher liegen. Diese Zellkerne theilen sich hier jedenfalls wie in allen anderen Fällen, und so muss wieder, wie auch in der That, eine neue mittlere zweiplattige und zweikernige Zelle aus der Dreitheilung dieser zweiplattigen und zweikernigen Mutterzellen hervorgehen.

Einer Verkürzung der Entwicklung, mit Ueberspringung einiger Theilungsschritte, sind wir auch im Eie der *Abietineen* begegnet. Dort wurde der primäre Zellkern des Eies aufgelöst und vier neue gleichzeitig für die vier Zellen im oberen Ende des Eies gebildet. Bei *Ginkgo* haben wir sogar gegen dreissig Zellkerne an Stelle der primären auftreten und zwischen diesen dann eben so viel Theilungen der gesammten Eimasse erfolgen sehen.

In dem Falle des Craterospermum laetevirens sind die Zellkerne aus den ersten verkürzten Theilungsvorgängen, wie es scheint, völlig geschwunden; in dem Ei der Abietineen und von

Ginkgo ist ihre Entwickelung selbst verkürzt, was in der Auflösung des primären Kernes und dem simultanen Auftreten einer Anzahl neuer seinen Ausdruck findet, nie jedoch, wie ich ausdrücklich hervorheben muss, etwa in der gleichzeitigen Theilung eines Zellkernes in mehr als zwei Theile. Wie wir nun weiter etwa, bei der freien Zellbildung der Sporen in den Schläuchen einiger *Pezizen*, die acht Sporen zwar simultan angelegt, die acht Kerne für dieselben aber durch succedane Zweitheilung vorbereitet sehen, so haben wir auch im Gebiet der Zelltheilung in vielen *Sporen-* und *Pollen*mutterzellen eine in gewohnter Weise durchgeführte Zweitheilung der Kerne, mit nur Andeutung der Zweitheilung der Zellen vor uns gehabt.

In den Sporenmutterzellen von *Anthoceros* und der Makrosporenmutterzellen von *Isoëtes Durieui* sogar eine succedane Zweitheilung der neu improvisirten Kernmasse mit rein simultaner Bildung der Zellplatten.

Einen noch ausgeprägteren, aber freilich abnormen Fall hat Pringsheim [1]) beobachtet, einen Keimling der *Spirogyra jugalis* nämlich, der, wie schon früher einmal citirt wurde, die Länge fünfzelliger Keimlinge erreichte, ohne sich zu theilen, der aber trotzdem fünf Zellkerne in normalen Theilungsabständen aufzuweisen hatte.

Die Schwärmsporen der Zoosporen unter den Algen und der Saprolegnien werden, wo sie in grösserer Zahl auftreten, meist simultan gebildet; um so interessanter sind die Fälle, wo ihre Bildung durch succedane Zweitheilung erfolgt, Fälle, welche demgemäss die extremen Vorgänge wieder an die gewöhnliche Zweitheilung anknüpfen.

Die *Ulothrix zonata*, die ich auf die Zelltheilung untersucht hatte, bildete auch unter den früher beschriebenen Culturverhältnissen zahlreiche Schwärmsporen. Ich habe nur die grössere Form derselben entstehen sehen, welche in geringerer Anzahl (2, 4, 8) innerhalb einer Mutterzelle angelegt, dieselbe bei ihrer

[1]) Flora 1852 u. Jahrb. für wiss. Bot. Bd. II, p. 231 Anm.

Bildung völlig erfüllten. Doch dieser Vorgang war mir besonders instructiv, und kann ich, was die Bildung der kleineren Form der Schwärmsporen anbetrifft, die in grösserer Anzahl um eine centrale Blase entstehen, auf die kürzlich erschienene Abhandlung von Cramer verweisen.[1])

Zellen, welche sich zur Bildung von Schwärmsporen anschicken,[2]) schwellen etwas bauchig an und werden alsbald auch an dem Verhalten ihrer Inhalts kenntlich.[3]) Das Chlorophyllband vertheilt sich gleichmässig über die ganze Zellwandung, statt wie früher nur die Seitenwände zu bekleiden.[4]) Jetzt schwindet der wandständige Zellkern der Beobachtung und gleichzeitig beginnt die Theilung in zwei Zellen. Dieselben werden, normaler Weise, in derselben Lage zu einander wie zwei rein vegetative Zellen, seltener in schräger Lage angelegt. Ueberzieht die Chlorophyllschicht nur als dicker Beleg die Wände, so schreitet die Anlage der Hautschicht zwischen den beiden werdenden Zellen, wie auch sonst, ringförmig beginnend, von der Peripherie nach innen fort, der Unterschied ist nur, dass keine Cellluosemembran gleichzeitig ausgeschieden wird, oder doch wenigstens nicht zur Membran erhärtet. In den selteneren Fällen, wo die Chlorophyllplatte quer durch die Zelle in der Ebene der Theilung ausgespannt ist, kann die Bildung der Hautschicht in dieser simultan vor sich gehen. Ich habe wiederholt in den ersten beiden, durch Theilung gebildeten Zellen Zellkerne gesehen, zum Beweis, dass der Zellkern der Mutterzelle sich ebenfalls getheilt und seine beiden Hälften sich in gewohnter Weise differencirt hatten. Nicht selten werden diese beiden ersten Zellen sofort zu Schwärmsporen, wo ich dann

---

[1]) Ueber Entstehung und Paarung der Schwärmsporen von Ulothrix. Vierteljahrsschrift der naturf. Gesell. zu Zürich Bd. XV. Heft 2.

[2]) Naegeli die neueren Algensysteme. 1847. p. 137 auch die älteren Angaben bei Kützing Phycol. general. (1843) pag. 251 tab. 80 und die späteren bei Thuret Ann. d. sc. nat. 3me Ser. Bot. T. 14. 1850. p. 22 Taf. 18 und Braun Verjüngung 1851 p. 158 u. 170. Schacht die Pflanzenzelle 1852 p. 121 Taf. II, Fig. 20—25 und Lehrbuch p. 219. Dippel Mikroskop. 1869 p. 47. Taf. II, Fig. 17.

[3]) Ich habe die Beobachtungen grösstentheils des Nachts, doch wiederholt auch am frühen Morgen machen können.

[4]) Naegeli l. c. p. 138.

freilich Zellkerne in denselben nicht erblicken konnte. An solchen Zellen bemerkt man hingegen alsbald den länglichen rothen Strich, der gewöhnlich an den beiden von einander abgekehrten Flächen der Schwesterschwärmsporen sich zeigt, viel seltener an der zugekehrten Fläche; nie aber etwa in der einen Zelle hier, in der anderen dort. Sollen mehr als zwei Schwärmsporen sich bilden, so theilen sich die beiden Schwesterzellen vor Bildung der rothen Striche noch einmal unter rechtem Winkel zu der ersten Theilung, und zwar entweder beide in derselben Ebene oder, wie gewöhnlich, übers Kreuz.[1]) Die Theilung selbst kann von der Peripherie nach dem Innern fortschreiten, oder sie geschieht, wie gewöhnlich, simultan in einer zuvor gebildeten Protoplasmaplatte. In diesen Platten kann man dann auch stets wieder die Trennung durch schwarze Punkte eingeleitet sehen. — Auf diese Theilungen können nun noch weitere unter mehr oder weniger rechten Winkeln folgen. Mehr denn acht Schwärmsporen in einer Zelle sind mir aber kaum vorgekommen, und keinesfalls habe ich über diese Zahl hinaus ihre Entwickelung verfolgen können. Das ursprüngliche Lumen der Zelle ist in so viel kleine Lumina zerlegt, als Schwärmsporen vorhanden; nur ausnahmsweise fehlen denselben innere Höhlungen und zwar in denjenigen seltenen Fällen, in welchen die Mutterzelle vor der Theilung sich ganz mit Inhalt angefüllt hatte. Bei manchen über die Zweitheilung hinausgehenden Vorgängen glaube ich hier sicher auch mehrere Theilungen simultan erfolgend beobachtet zu haben, ja, es ist mir nicht unwahrscheinlich, dass dieser Theilungsmodus in den Fällen der Bildung sehr vieler Schwärmsporen zum vorherrschenden wird. Mit Abschluss der Theilungen beginnt die Quellung der Innenseite der Mutterzellwand; dieselbe wird schliesslich seitlich durchbrochen und die Schwärmsporen treten an dieser Oeffnung hervor.[2]) Werden, wie in den von

---

[1]) Ueber die Aufeinanderfolge der Theilungen vergl. auch Naegeli l. c. p. 137 u. Braun l. c. p. 171.

[2]) Vergl. über die Mechanik des Vorgangs das Nähere bei Cramer l. c. p. 7 (des Separatabdrucks).

mir meist beobachteten Fällen, nur wenige (2—4) Schwärmsporen gebildet, so ist keine Blase um dieselben beim Austritt bemerkbar,[1]) bei mehr (8) Schwärmsporen war dieselbe oft nachzuweisen, doch nur äusserst schwach entwickelt; erst bei noch grösserer Anzahl tritt sie deutlich auf, wie ich das bei Cramer[2]) nachzulesen bitte;[3]) ebenso zeigt sich dann erst auch die innere Blase, die ich selbst, unter den obwaltenden Verhältnissen, nie beobachten konnte.

Die befreiten Schwärmsporen zeigten im Allgemeinen eiförmige Gestalt.[4]) Sie werden nach aussen von einer dünnen, protoplasmatischen Hautschicht umgrenzt. Von dieser entspringen am Vorderende der Schwärmspore vier lange Cilien[5]) (etwa zwei Mal so lang wie die Schwärmspore); die Insertionsstelle derselben erscheint als ein etwas stärker das Licht brechender Knoten. Der rothe Strich liegt mehr oder weniger von der Insertionsstelle der Cilien entfernt, er gehört der Hautschicht an und wird durch eine stäbchenförmige Verdickung derselben, welche hin und wieder in ihrem Verlaufe unterbrochen sein kann, veranlasst. Der Hautschicht von innen angeschmiegt, liegt an der einen Seite der Schwärmspore die Chlorophyllplatte, die zwei bis drei grössere Körner führt. Die Platte kann verschieden stark sein, durchschnittlich aber erreicht ihr querer Durchmesser kaum ein Drittel des Durchmessers der ganzen Schwärmspore; nur ausnahmsweise füllt sie fast den ganzen Innenraum der Schwärmspore aus. Der sonst normaler Weise disponible Raum wird aber, mit Ausnahme nur einer kleinen Stelle vorn an der Insertion der Cilien, von einer mit dünnflüssigem Inhalte erfüllten Blase eingenommen, die ich für ein durch Theilung aus dem Lumen der Sporenmutterzelle entstandenes Gebilde halte. Diese Blase führt stets

---

[1]) Ebenso Cramer l. c. p. 7.

[2]) l. c. p. 4.

[3]) Vergl. auch die Abbildung von Thuret Ann. d. sc. nat. Bot. 3me Ser. T. XIV Pl. 18. Fig. 4.

[4]) Vergl. hier wieder Cramer p. 5.

[5]) Cramer giebt für die von ihm untersuchte Form nur zwei an, Thuret dagegen l. c. ebenfalls 4.

eine geringe Anzahl stark lichtbrechender Körnchen. Am vorderen, dem s. g. farblosen Mundende der Schwärmspore finden wir endlich etwas farbloses, feinkörniges Protoplasma, in dem nur hier und dort ein oder das andere, grössere Körnchen vorkommt. In diesem Plasma, etwas seitlich von der Ansatzstelle der Cilien, ist aber (was ich nirgends für Ulothrix erwähnt finde) eine sehr kleine contractile Vacuole zu sehen. Ich habe dieselbe längere Zeit, während des Ausschwärmens der Sporen, und auch während ihres Zur-Ruhe-kommens, in Thätigkeit beobachtet. Die Zeitintervalle zwischen zwei Pulsationen liessen sich auf 12—15 Secunden feststellen. Ich habe in den Schwärmsporen vergebens nach dem Zellkern gesucht; derselbe kommt hier als solcher nicht zur Entwickelung; doch ist es mir immer wahrscheinlicher geworden, dass das am vorderen Ende der Schwärmspore angesammelte körnige farblose Protoplasma durch Theilung aus dem ursprünglichen Zellkern der Sporenmutterzelle hervorgegangen.[1])

Die meisten Schwärmsporen gehen im Wasser des Objectträgers unter dem Deckglas zu Grunde, dann sieht man sie zerfliessen, ohne dass irgend welche Membran, ob an der Peripherie, ob an der inneren Blase, dabei zu bersten brauchte. Die Schwärmsporen, welche sich weiter entwickeln sollen, umgeben sich, während sie zur Ruhe kommen, mit einer äusserst zarten Cellulosemembran. Die Cilien werden, so viel ich sehen konnte, nicht eingezogen, vielmehr abgeworfen.

Schon nach kurzer Zeit beginnt die Schwärmspore an ihrem farblosen Ende zu einem haarähnlichen Fortsatze auszuwachsen.[2]) Das farblose Protoplasma folgt aber, mit Ausnahme der Hautschicht, der Spitze des Haares nicht, vielmehr sieht man es sich an dem Orte seiner ursprünglichen Lage zum Zellkern constituiren. Auf späteren Zuständen (die ich namentlich an solchen Sporen beobachten konnte,

---

[1]) Bei Oedogonium soll hingegen in der, durch s. g. Vollzellbildung erzeugten je einen Schwärmspore, der Zellkern der Mutterzelle als solcher im Innern der Schwärmspore erhalten bleiben. Pringsheim Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. I p. 28 u. 29, Taf. I, Fig. 5 u. 8.

[2]) Naegeli l. c. p. 137. Braun l. c. p. 159.

die aus der Sporenmutterzelle herausgekeimt und so mit den Fäden in Verbindung geblieben) sah ich dann, dass die Chlorophyllplatte sich verlängert hatte und, an dem Zellkern vorbei, in das haarähnliche s. g. Wurzelende hineingewachsen war. Die erste Theilung des Keimlings pflegte in nur geringer Höhe über der Verengung zu erfolgen, sie zerlegte die einseitige Chlorophyllplatte in zwei Stücke; zwei Zellkerne mit schönen Kernkörperchen waren jetzt zu sehen. Der rothe Strich zeichnete sich noch deutlich an der Hautschicht der breiteren Zelle und war, auch nach wiederholter Theilung derselben, oft noch zu sehen. Das ganze Pflänzchen besitzt zunächst eine ganz zarte Membran, am stärksten erscheint die Spitze des »Wurzelendes« verdickt und es tritt an derselben oft die Spaltung in drei Schichten ein, während diese sonst noch an keiner anderen Stelle zu sehen sind.

In den Zoosporangien der *Saprolegnien* wird, wie aus zahlreichen Angaben bekannt, eine grosse Anzahl Schwärmsporen simultan aus dem gesammten protoplasmatischen Inhalte des Sporangium gebildet. Ich habe sie bei Saprolegnia ferax an der Wand des Sporangium entstehen sehen, wenn das Protoplasma ein centrales Lumen in der Zelle freiliess; oder aber, was ja auch bekannt, in dem ganzen Sporangiumraume, wenn derselbe vom Protoplasma völlig erfüllt ward.

Besonders lehrreich erschienen mir die Vorgänge in denjenigen, relativ seltenen Zoosporangien, welche nur ganz wenige Schwärmsporen entwickelten.

Wir wollen einen solchen Fall zunächst näher ins Auge fassen. Das Sporangium ist mit Protoplasma völlig erfüllt. Letzteres vertheilt sich gleichmässig in seinem ganzen Innenraume, wobei eine Anordnung der feinen Körnchen zu netzförmigen Figuren meist nicht zu verkennen ist. — Plötzlich beginnt die Sonderung des Protoplasmas in so viele, annähernd gleiche Portionen, als Schwärmsporen erzeugt werden sollen, und fast gleichzeitig sieht man im Centrum jeder Portion ein rosa erscheinendes kugeliges Bläschen auftreten. Man wäre, seiner Lage gemäss

geneigt, es für ein dem Zellkern entsprechendes Bildungscentrum zu halten. Die Sonderung geht im ganzen Sporangium fast gleichzeitig vor sich und wird angedeutet durch Anhäufungen von Körnchen an den späteren Trennungsstellen der Sporen. Die Abgrenzungen durch die Körnchen werden immer deutlicher und bilden regelmässige Figuren.[1]) Dann zeichnen sich inmitten der Körnchen äusserst zarte, helle Linien: die sich bildenden Hautschichtplatten. In letzteren gelingt es endlich, meist unzweifelhaft, das Auftreten ganz feiner schwarzer Punkte zu sehen: als erste Andeutung der Trennung der Hautschichtplatten in je zwei Hälften. Die Zellen sind jetzt noch polygonal, doch folgt nunmehr eine geringe Contraction ihres Inhalts, wodurch eine Abrundung derselben ermöglicht wird. Der Grad dieser Abrundung ist in Sporangien ohne centrales Lumen, und nur weniger Sporen, immer nur ein geringer. Mit der Abrundung geht aber die Trennung der Sporen Hand in Hand, wobei hier und dort einzelne Verbindungsstellen der Hautschicht, zwischen den ursprünglich trennenden schwarzen Punkten, sich zu feinen, bald durchrissenen und eingezogenen Fäden[2]) verlängern können.

Endlich ist die völlige Trennung durchgeführt, die Sporen durch schmale, rosa erscheinende Zwischenräume von einander getrennt. Jetzt beginnt die bekannte Bewegung der Sporen gegen einander, der bald ihr Ausschwärmen zu dem sich nun am Scheitel des Sporangium bildenden Loche folgt.

Die eiförmige Schwärmspore zeigt zwei Cilien an ihrem vorderen Ende und auch deutlich noch ein centrales rosa »Bläschen,«[3]) das wir vorhin in seiner Entstehung verfolgt. Das »Bläschen« scheint bei der Keimung zu schwinden.[4])

Wiederholt sind mir Fälle vorgekommen in welchen, nachdem die Sporenanlage es schon bis zur Bildung der Körner-

---

[1]) Vergl. für Letzteres das Bild bei Sachs IV. Aufl. p. 13, die Figuren 1 u. 2 bei de Bary Bot. Zeitung 1852, Taf. VII, dann im Allgemeinen auch die Figuren bei Thuret. Ann. d. sc. nat. Bot. 3me S. T. 14. Pl. 22.

[2]) Vergl. auch Hofmeister Lehre v. d. Pflz. p. 89.

[3]) Vergl. die Abbildungen bei Thuret l. c. Fig. 6.

[4]) l. c. Fig. 7.

grenzen, ja selbst Hautschichtgrenzen, gebracht hatte, plötzlich die ganze Entwickelung rückgängig wurde, alle Trennungsandeutungen schwanden und das Sporangium alsbald wieder von gleichmässig kämmerigem Protoplasma gefüllt erschien. Dann, nach kurzer Zeit, wurde die Entwicklung, und zwar nun auffallend schnell, wieder aufgenommen. Eine solche zweite Sonderung fiel mir, im Verhältniss zu der ersten, stets durch die grosse Regelmässigkeit der Theilstücke auf.

Wo sehr viele Schwärmsporen aus dem, das Sporangium völlig erfüllenden, Inhalte entstehen, da ist der Vorgang dem eben beschriebenen durchaus gleich, nur die Einzelheiten schwerer zu verfolgen.

Im Grunde wenig abweichend sind auch diejenigen an der von mir beobachteten Form seltneren, im Allgemeinen aber häufigsten Fälle, wo das Protoplasma des Sporangium nur einen starken Wandbeleg um eine centrale Vacuole bildet. Da werden die Sporen in nur einer Schicht angelegt und sie wölben sich bei ihrer Sonderung zunächst einseitig gegen den inneren Zellraum vor, so dass das Wandprotoplasma dann auf seiner Innenseite im optischen Durchschnitt wie gebuchtet erscheint.[1])

Ausser den schon geschilderten, kommen bei Saprolegnia ferax nach Pringsheim[2]) auch die Zellnetzsporangien vor. Zu ihrer Anlage[3]) füllt sich das Schlauchende ganz mit Inhalt an und wird durch eine Querwand von dem unteren Schlauchtheil getrennt. Dazu erfolgt die fast simultane Bildung einer grösseren oder geringeren Zahl von Zellen, ganz ebenso wie wir sie früher in den vollen Sporangien gesehen; allein diese Zellen scheiden Cellulose in ihren Trennungsflächen aus und theilen so den ursprünglichen Sporangiumraum in zahlreiche Fächer. Die neuen Wände setzen, wo sie die alte Mutterzellwand erreichen, scharf an dieselbe an. Der protoplasmatische Inhalt eines jeden Faches

---

[1]) Pringsheim Achlya prolif. p. 402, Taf. 46, Fig. 7—8. — Braun Verjüngung p. 286 u. ff.

[2]) Vergl. l. c. Bd. IX, p. 222.

[3]) Vergl. Leitgeb Jahr. f. wiss. Bot. VII p. 359.

wird später frei, indem er seitlich die Sporangienwand durchbohrt.[1])

Bei der Bildung der Oosporen von *Saprolegnia ferax* zieht sich das Protoplasma an die Wand des Oosporangium zurück und die Sporen werden hier meist, wie aus den Beschreibungen und Abbildungen von Pringsheim[2]) und von Cornu[3]) bekannt, in einiger Entfernung von einander angelegt. Es entstehen zunächst helle Interstitien und wird endlich der ganze Inhalt auf die Concentrationsstellen eingezogen. Das ist der gewöhnliche Vorgang, der für alle die Fälle gilt, in welchen keine allzu grosse Zahl von Oosporen gebildet wird; entsteht hingegen eine bedeutende Zahl derselben, so können sie auch dicht gedrängt auftreten und sonst auch alle dieselben Erscheinungen zeigen wie die Schwärmsporen derselben Pflanze, wenn sie an der Wand gebildet werden. Die Oosporen sind wenig durchsichtig, immerhin kann man sich auf jungen Zuständen von der Existenz eines centralen rosa Kügelchens auch in ihnen überzeugen. Später, wenn der Oeltropfen sich in ihrer Mitte zu bilden beginnt, wird das centrale Gebilde durch denselben an die Peripherie gedrängt und fällt hier leicht als heller Fleck nun auf.

Pringsheim beschreibt ihn in den Oosporen von Achlya polyandra,[4]) wo er sich bis zur Keimung erhält, dann aber schwindet.[5]) Aehnliche centrale, substanzarme Gebilde, die man sich allgemein scheut als Zellkerne zu bezeichnen, die man doch aber in der Stellung findet, die sonst der Zellkern einnimmt, sind, das sei hier gleich noch erwähnt, auch an verschiedenen anderen Orten beobachtet worden. So bildet sie beispielsweise de Bary[6]) in den Basidiosporen der Pilze ab, u. s. w. Diesen substanzarmen Gebilden scheinen keine späteren Aufgaben mehr ob-

---

[1]) Das Weitere bitte ich bei Pringsh. Jahrb. Bd. II p. 214 Bd. IX, p. 222 u. bei Leitgeb Bd. VII p. 360 nachzulesen.

[2]) Achlya prolifera p. 420.

[3]) Ann. d. sc. nat. 5^{me} Ser. T. 15. p. 36 u. 37. Taf. I, Fig. 6 u. 7.

[4]) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. IX. p. 198.

[5]) l. c. p. 228 u. Taf. XX, Fig. 7—11.

[6]) Handbuch p. 114.

zuliegen, sie werden, so weit die Beobachtungen bisher reichen, später gelöst.

Die Entstehung der Schwärmsporen bei *Hydrodictyon*, wie sie uns von Alexander Braun[1]) geschildert wird, ähnelt sehr demjenigen Vorgange, der sich in den Sporangien von Saprolegnia abspielt, wenn letztere nicht von Protoplasma völlig erfüllt, sondern von demselben nur an der Wand ausgekleidet sind. Die Wandschicht aus Protoplasma der Zellen von Hydrodictyon verliert zunächst ihr frisches, durchsichtiges Grün; ihre Stärkekörner werden aufgelöst; sie erhält ein trübes Aussehen und erscheint bald von helleren Flecken regelmässig durchsetzt. Kleine Chlorophyllkörnchen häufen sich als Grenzlinien zwischen den helleren Flecken an. Dann ziehen sich diese Chlorophyllkörnchen nach den hellen Räumen zurück und an ihrer Stelle wird ein Netz dichter Grenzlinien sichtbar. So erscheint der protoplasmatische Wandbeleg in eine sehr grosse Zahl ziemlich gleich umfangreicher, meist sechseckiger Täfelchen zerlegt. Jetzt beginnen sich die Täfelchen abzurunden, wobei sie sich zunächst an den Ecken von einander trennen. Sie werden linsenförmig, endlich kugelrund und völlig frei. Sie bewegen sich dann seitlich gegen einander, doch ohne wesentlich ihren ursprünglichen Platz zu verlassen. Sind es die zur Netzbildung bestimmten, meist grössern Zoosporen, so vereinigen sie sich endlich wieder, wahrscheinlich zur Zeit auf ihrer Oberfläche beginnender Cellulose-Ausscheidung, zu einem Netze; sind es die zum Ausschwärmen bestimmten kleinen Zoosporen, so verlassen sie alsbald die Zellwand, schwärmen durch den Zellraum und werden durch Löcher aus der Mutterzelle nach aussen entlassen. Das Nähere über die letzteren Vorgänge, die ich hier nur ergänzend berühre, bitte ich im Uebrigen bei Braun nachzulesen.[2])

Interessant ist die Abweichung in der Zoosporenbildung bei der Saprolegnieae: *Aphanomyces stellatus*. Die bevorstehende

[1]) Verjüngung p. 279 u. ff.

[2]) Verj. p. 283. Vergl. auch Pringsheim Mon. ber. d. K. Acad. d. Wiss. Berlin Decemb. 1860.

Zoosporenbildung wird nach de Bary[1]) dadurch angezeigt, dass das körnige Protoplasma des langen cylindrischen Zoosporangium sich in Querzonen von abwechselnd ungleicher Höhe und Dichtigkeit sondert. »Die Hauptmasse derselben sammelt sich nämlich in Gürteln an, welche etwa 3—4 Mal so hoch als der Durchmesser des Schlauches und durch kürzere Querzonen getrennt sind, in welchen dem hyalinen, die Membran auskleidenden Primordialschlauche nur spärliche Körnchen anhaften.« — »In den dichteren, dunkleren Querzonen ist das, übrigens stets wandständige Protoplasma zunächst nicht gleichförmig vertheilt, sondern in unregelmässigen, länglichen, in ihrer Mitte dickeren Streifchen angesammelt, welche durch schmale, helle Längsfurchen getrennt sind.« »Die getrennten Streifchen einer jeden vereinigen sich dann zu einer gleichmässig körnigen, oben und unten ziemlich scharf abgegrenzten Masse, deren äusserer Umriss ein Wenig von der seitlichen Zellhaut zurücktritt,« »in ihrer Mitte findet sich oft ein schmaler, heller, axiler Raum, der anzeigt, dass sie, wenn auch dicker geworden, doch noch dem Primordialschlauch anliegen und einen von Flüssigkeit erfüllten Raum umschliessen.« Die Theilung beginnt »wenige Minuten später, indem sich in den helleren Querzonen der Primordialschlauch von der Membran ablöst und etwas nach innen zusammenzieht. Langsam schnürt sich nun das einer jeden hellen Zone angehörige Stück in seiner Mitte mehr und mehr ein, um zuletzt einen feinen, je zwei dichtere Portionen verbindenden Faden darzustellen, der entweder längere Zeit bestehen bleibt oder endlich in der Mitte in zwei, in die beiden benachbarten protoplasmaerfüllten Zonen überfliessende Stücke zerreisst.« — »Während des Einschnürungsprocesses sieht man an der Innenseite der zarten Linie, die den Primordialschlauch bezeichnet, die Körnchen der hellen Querzonen deutlich nach oben und unten gleiten, um sich mit denen der benachbarten dichten Protoplasmamasse zu vereinigen.« Mit Vollendung des Processes ist der Inhalt des Schlauches in eine einfache Reihe von cylindrischen, an den

[1]) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. II p. 170.

Enden abgerundeten Primordialzellen zerfallen: die zukünftigen Zoosporen.

Wiederum etwas anders ist der von Cohn[1]) für die Oosporen der *Sphaeroplea annulina* geschilderte Vorgang. Dieselben entstehen in nur einer Reihe innerhalb ihrer Mutterzelle. Letztere ist zunächst mit Vacuolen dicht erfüllt und führt gleichmässig vertheilte Stärkekörner. Bald gruppiren sich diese, zu mehreren, in ziemlich gleichen Abständen in der Axe der Zelle und erscheinen von grünem Protoplasma umgeben. Dann werden protoplasmatische Trennungswände, je eine in der Mitte zwischen zwei grünen Massen, sichtbar. Schliesslich verdoppelt sich jede Wand und der Inhalt eines jeden Faches zieht sich zu einer runden Kugel: je einer Oospore, zusammen.

Doch nicht in allen Zellen des Fadens sind die Entwicklungsvorgänge die gleichen, vielmehr begegnen uns in einigen derselben wiederum ganz andere eigenthümliche Erscheinungen. Hier sieht man zwar die ursprüngliche Anordnung im Protoplasma erhalten, dasselbe wird von einer Reihe sehr grosser Vacuolen durchsetzt, doch verliert es seine grüne Färbung und seine Stärkekörner, wird orange und zerfällt nun simultan in eine sehr grosse Zahl kleiner, länglichen Zellchen: die Spermazoiden. Diese entstehen hier also aus dem Wandprotoplasma und den Protoplasmaplatten, welche, die Zelle quer durchsetzend, die grossen Vacuolen von einander trennen; das ganze Protoplasma der Zelle wird zu ihrer Bildung verbraucht. Bald wird ihre Anordnung aufgegeben und sie erfüllen, sich vertheilend, das ganze Lumen der Zelle, um alsbald durch seitliche Löcher aus der Zelle entlassen zu werden.

Auch die Vorgänge der »simultanen Abschnürung« gehören unter die Fälle gleichzeitiger Bildung mehr denn zweier Zellen aus einer Mutterzelle und müssen hier Erwähnung finden. Auch

[1]) Ann. d. sc. nat. Bot. IV. Ser. T. V. p. 196 u. ff. Taf. 13.

sie werden sich auf die typischen Vorgänge der Zelltheilung ganz wie die »succedane Abschnürung« zurückführen lassen, wenn auch diese Zurückführung, wegen der noch weiter gehenden Anpassungsverhältnisse, hier oft mit noch grösseren Schwierigkeiten verbunden sein dürfte. Ich wähle hier gleich als Beispiel einen der ausgeprägtesten Fälle: die Bildung der Sporen an den Basidien der *Hymenomyceten*.

Die Basidie[1]) ist eine anfangs cylindrische oder meist kurz keulenförmige Zelle, sie erscheint von gleichmässigem, oder durch Vacuolen unterbrochenem, körnigem Protoplasma erfüllt. Bei einigen Pilzen ist in den Basidien ein Zellkern nachgewiesen worden, der durchaus demjenigen in den Asci ähnlich schien. Zum Behufe der Sporenbildung treibt der Scheitel der Basidie meist zwei oder mehr Ausstülpungen: die Sterigmen. Die Spitze dieser letzten schwillt dann zu je einer Blase an, welche allmälig die Gestalt und Grösse der fertigen Spore erhält. In dem Maasse, als diess fortschreitet, rückt das Protoplasma aus der Basidie in die Anschwellungen. Die Basidie wird von unten nach oben immer mehr entleert und enthält, nachdem die Sporen ihr Wachsthum vollendet haben, nur mehr spärliche Protoplasmaüberbleibsel und Fettkörner. Von dem Beginn der Sterigmenbildung an fand de Bary den Zellkern in den Basidien nicht mehr, er scheint zu versschwinden.

Die Bilder, welche de Bary[2]) von der Entwicklung der Sporen bei Corticium amorphum giebt, zeigen, dass zu der Zeit, da die Sporen schon fertig abgegrenzt sind,[3]) die Sterigmen hier noch dicht mit Protoplasma angefüllt sind. Es wird hier also wiederum nicht eine »Abgrenzung« der Spore durch eine Scheidewand an der Grenze der dichten Protoplasmamasse, vielmehr eine Bildung dieser Scheidewand innerhalb der dichten Masse, ganz wie bei Saprolegnia, stattfinden. Jede Spore wird durch einen ähnlichen Theilungsschritt entstanden sein, wie wir ihn an so vielen andern Orten, bei Ansammlung des Protoplasmas in dem

[1]) Vergl. de Bary Handbuch II, 1. p. 113.
[2]) l. c. p. 114
[3]) Fig. 45 lit. f.

einen Theile der Mutterzelle gesehen haben; nur dass hier eben eine Sprossung der Mutterzelle der Theilung vorausgeht, und dass, durch Verkürzung der Entwicklung, mehrere Theilungsschritte gleichzeitig erfolgen. Bei zahlreichen Formen werden übrigens die aus einer Basidie erzeugten Sporen auf zwei reducirt, als Ausnahmefälle dann sogar nicht selten auf eine (so besonders bei Hymenogastreen); ihre Zahl kann aber in anderen Gattungen bis auf neun steigen. In den jungen und den frisch gereiften Sporen vieler Arten ist ein heller, centraler Kreis zu sehen.[1])

Höchst interessant ist die von Tulasne[2]) entdeckte Thatsache, dass bei verschiedenen *Tremellineen* die kugeligen oder breit ovalen Basidien sich durch senkrechte Längswände in vier, wie Kugelquadranten geordnete Tochterzellen theilen. Jede dieser Tochterzellen treibt nun erst ein langes Sterigma, das an seiner Spitze die Spore erzeugt. Für Tremella violacea bildet nun Tulasne l. c. Taf. 12, Fig. 7 einen Fall ab, in dem die Basidie sich nicht getheilt hatte und doch vier Sterigmen trug. Die Basidien der Dacrymyces-Arten, die auch zu den Tremellineen gehören, bleiben sogar normaler Weise einzellig,[3]) wenn sie auch zwei Sterigmen den Ursprung geben. Ich will es dahingestellt sein lassen, welcher Zustand der ursprünglichere ist, derjenige der mehrzelligen Basidien, deren Tochterzellen nur je eine Spore bilden, oder derjenige der einzelligen, die mehrere Sporen gleichzeitig erzeugen. Verlockend ist es genug, die letzteren für eine abgekürzte Entwicklung der ersteren zu halten. Wie dem auch sei, wir sehen, dass die Anknüpfungen an einfachere Vorgänge hier nach keiner Seite hin fehlen.

[1]) l. c. p. 114.
[2]) Ann. d. sc. nat. Bot. 3^{me} S. T. 19. p. 193.
[3]) Tulasne l. c. p. 223.

Vollzellbildung.

Wir gehen zum Schluss noch zu den extremen Fällen über, in denen nur eine einzige Zelle aus dem Inhalte einer schon vorhandenen sich bildet. Wird der ganze Inhalt der Mutterzelle zur Bildung der Tochterzelle verwendet, so haben wir einen Fall sogenannter Vollzellbildung vor uns.

Ich schicke voraus, dass ich von der Vollzellbildung alle Schichtenbildung an der Cellulosewand der Zelle ausgeschlossen sehen will; ja selbst diejenigen Fälle, in welchen nachweislich eine neue Schicht auf der Innenseite der Wand durch Apposition gebildet worden ist. Die Bildung der eigentlichen Wände der Pollen- oder Sporenzellen innerhalb der s. g. Specialmutterzellen ist also in diesem Sinne auch keine Vollzellbildung. Eben so wenig kann ich diese Bezeichnung für Häutungserscheinungen der äussern Zellhautschichten gelten lassen, ob diese nun bei der Keimung von Sporen oder Pollenkörnern eintreten oder sonst mit den Wachsthumsvorgängen verbunden sind.[1])

Ja selbst eine Befreiung der nackten Zelle aus ihrer Cellulosehaut, wie das bei der s. g. Häutung vieler Saprolegnienschwärmsporen stattfindet, ist keine Vollzellbildung, wenn sie die blosse Folge der Quellung des Inhalts ist, sonst aber keine specifischen Veränderungen desselben vorzuweisen hat. Unter Vollzellbildung möchte ich, in einem Worte, nur diejenigen Fälle

[1]) Dieses Letztere besonders auffallend bei Rivularien und Scytonemaceen. Vergl. die Abbildung bei Hofmeister Lehre v. d. Plz. p. 154. Fig. 43.

zusammengefasst sehen, wo die alte Zelle wirklich eine neue wird, dieses durch bestimmte moleculare Umlagerungen in ihrem Leibe zu erkennen giebt.[1])

Durch Vollzellbildung in diesem Sinne werden, so weit meine Erfahrungen reichen, gebildet: die Schwärmsporen mancher Algen; die Eier (Oosporen) verschiedener Algen (incl. Characeen) und verschiedener Saprolegnien; die Eier der Muscineen, der höheren Kryptogamen und der Archispermen; die Spermatozoiden vieler Algen. Den einfachsten Fall der Vollzellbildung bietet uns wohl die Anlage der Schwärmspore bei solchen Algen, die nur je eine Schwärmspore in ihren Sporangien bilden.

Bei *Oedogonium* und *Bulbochaete*[2]) »macht sich dem Beobachter der Anfang der Sporenbildung zuerst durch das Zurücktreten des Inhalts von den Ecken der Mutterzelle bemerkbar.« Hierdurch beginnt der Inhalt sich an den Ecken abzurunden, eine ihm eigenthümliche Gestalt anzunehmen und sich auch seitlich, mehr oder weniger, von der Mutterzellwand zurückzuziehen. Die Vollzellbildung ist eben hier, wie in den meisten andern Fällen, mit Contraction des Inhalts verbunden. An der einen Seite des contrahirten Inhalts tritt, etwa in halber Höhe, ein heller Fleck auf: es ist die zukünftige vordere Stelle, die sogenannte Mundstelle der Schwärmspore, um die auch die Cilien alsbald auftreten. Auch nach Anlage der Mundstelle ist der ursprüngliche Zellkern der Mutterzelle in der Schwärmspore erhalten, doch nur in inhaltsarmen Schwärmsporen zu sehen.[3]) Die Schwärmspore wird endlich frei, indem die Mutterzellwand, einseitig aufklappend, sich in ihrem obersten Theile öffnet. Die Schwärmspore eilt nun als nackte Primordialzelle davon.[4])

Besonders häufig werden für Vollzellbildung die grossen Schwärmsporen der *Vaucheria sessilis* angeführt. Der Gesammtinhalt des endständigen, keulenförmigen Sporangium zieht sich

---

[1]) In diesem Sinne scheint sie auch Sachs zu fassen. Lehrb. IV. Aufl. p. 9.

[2]) Pringsheim Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. I, p. 26, Taf. I.

[3]) l. c. p. 29.

[4]) Vergl. auch Juranyi, Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. IX, Taf. I, Fig. 3.

etwas zusammen und fliesst gleichsam zu einem oberen Riss des Sporangium hervor. Der mit Chlorophyll dicht erfüllte Körper der Schwärmspore zeigt an der Peripherie eine farblose Protoplasmaschicht, der überall feine Cilien entspringen.

Hier haben wir es jedenfalls mit der Bildung einer neuen Zelle aus dem gesammten Inhalte der Mutterzelle zu thun; ebenso auch noch bei Vaucheria hamata, wo der Inhalt des Sporangium sich contrahirt, mit einer neuen Cellulosewand umgiebt und dann erst im bewegungslosen Zustande, mit einem Ruck ausgestossen wird; ebenso auch bei Vaucheria geminata, wo die Entwicklung die nämliche ist, die Spore aber im Sporangium verbleibt. Bei Vaucheria tuberosa werden hingegen mit Inhalt angefüllte Zweige zum Zweck der ungeschlechtlichen Vermehrung abgeworfen; sie keimen unmittelbar, ohne aus ihrem Inhalte erst eine Spore zu erzeugen. Bei andern Vaucheria-Arten fehlen alle besondern Organe der ungeschlechtlichen Fortpflanzung.[1]) Ich führe diess hier Alles an, weil es mir instructiv für die phylogenetische Entstehung des ganzen Vorgangs scheint. Bei derartiger Entstehung und der Erhaltung der Mittelstufen werden eben auch nicht überall scharfe Grenzen zwischen verschiedenen Arten von Entwicklungsvorgängen zu ziehen sein.

Die andern Beispiele, die ich hier noch anführen könnte, will ich übergehen, da sie nichts wesentlich Neues mehr bieten. Erwähnt sei nur noch, dass bei *Stigeoclonium insigne,* nach der Fig. 11 der Abbildungen (Taf. I) bei Naegeli[2]) zu urtheilen, in der Mutterzelle statt einer Schwärmspore auch zwei erzeugt werden können; ja bei Bildung der Mikrozoosporen nach Braun[3]) selbst vier. Auch bei Coleochaete sollen ebenfalls nach Braun statt der typischen einen, zuweilen zwei Schwärmsporen in einer Mutterzelle sich zeigen.[4])

---

[1]) Ueber diess Alles vergleiche Walz. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. V, p. 130—133.

[2]) Pflanzenphys. Unters. Heft I 1855. Vergl. die Erklärung zu Fig. 11, p. 40.

[3]) Verjüngung p. 148.

[4]) l. c. p. 249.

Bei Oedogonium diplandrum[1]) entstehen die Androsporen durch Vollzellbildung, nur je eine aus dem Gesammtinhalt ihrer Mutterzelle,[2]) bei den, um die Hälfte als die Androsporen kleineren, sonst ihnen völlig gleichenden Spermatozoiden, je zwei in ihrer Mutterzelle.[3]) Diese beiden Beispiele zeigen schon, dass der Vorgang für die Bildung einer jeden Schwärmspore nicht wesentlich verschieden sein kann, ob diese nun in der Einzahl, oder Mehrzahl, innerhalb einer Mutterzelle entsteht. Noch auffallender wird dieses Verhältniss in den Oogonien solcher Saprolegnien, die typisch eine Mehrzahl von Oosporen erzeugen, wenn ausnahmsweise nur eine Oospore gebildet wird. Andere Saprolegnien zeigen dann typisch nur je eine Oospore. Bei *Aphanomyces stellatus* schreibt de Bary[4]) löst sich der »Primordialschlauch« von der Membran des Oogonium los und zieht sich zu einer frei in der Mitte des Oogonium liegenden Kugel zusammen, welche, anfangs hautlos, sich später, in Folge der Befruchtung, mit einer Cellulosemembran umgiebt. Ebenso wird der Vorgang von Cornu[5]) für die meisten *monosporen Saprolegnien* beschrieben, und ebenso gilt er auch für die Bildung der Eier (Oosporen) in den Oogonien der meisten *Algen* und in der Centralzelle der Archegonien bei den *Muscineen* und *Gefässkryptogamen*. Bei den *Fucaceen* unter den Algen bildet das Oogonium bei gewissen Arten aus ihrem gesammten Inhalte nur ein Ei, bei anderen hingegen vier, bei noch anderen selbst acht Eier.[6])

Die Vorgänge der Vollzellbildung bleiben sich gleich, ob die Mutterzelle einen Zellkern führt oder nicht, im letzteren Falle geht derselbe mindestens oft (wie man das in der Schwärmspore von Oedogonium gesehen und wie es in der Centralzelle der Archegoniaten besonders beobachtet wurde) unversehrt auf die Tochterzelle über. Die Vollzellbildung ist in den meisten

---

[1]) Juranyi, Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. IX p. 1.
[2]) l. c. Taf. I, Fig. 2 u. 11.
[3]) l. c. Taf. II, Fig. 2.
[4]) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. II, p. 177.
[5]) Ann. d. sc. nat. Bot. 5 Ser. 15 Bd. p. 38.
[6]) Thuret Ann. d. sc. nat. Bot. 4me S. Bd. 2. p. 205.

Fällen mit einer auffallenden Contraction des Inhalts der Mutterzelle verbunden, eine Contraction dürfte auch in allen andern Fällen echter Vollzellbildung stattfinden, schon um die Hautschicht von der Cellulosewand der Mutterzelle loszulösen.

An die typische Vollzellbildung schliessen sich solche Fälle an, wo zwar nur eine Tochterzelle in der Mutterzelle erzeugt wird, aber doch nicht deren gesammten Inhalt in Anspruch nimmt. Diese Fälle könnten unter die freie Zellbildung gebracht werden, ich ziehe es vor sie hier zu behandeln, des innigen Zusammenhanges wegen, den sie mit den typischen Vorgängen der Vollzellbildung zeigen.

Bei den, im Bau der Geschlechtsorgane, den Saprolegniaceen so nahe stehenden *Peronosporeen* wird, nach de Bary,[1]) das Protoplasma des Oogonium in eine peripherische, fast homogene, körnerarme Lage und eine die Mitte einnehmende, durch dicht gehäufte Fettkörner undurchsichtig gemachte dunkele, kugelige Masse gesondert. Diese letztere bildet das Ei, oder die Befruchtungskugel, und umgiebt sich nach der Befruchtung mit einer Cellulosemembran. Ebenso giebt Cornu[2]) für eine Saprolegniacee: das *Rhipidium* an, dass dessen eine Oospore im Oogonium nicht, wie sonst, nur von wässeriger Flüssigkeit, vielmehr von einer, wenn auch fast farblosen, doch stark lichtbrechenden Substanz umgeben ist. Diese Substanz ist hier, wie bei Peronospora, zur Reifezeit der Oospore geschwunden.

Eine Abweichung von den Vorgängen der typischen Vollzellbildung begegnet uns in der Entwicklungsgeschichte der Spermatozoiden bei den Characeen, Muscineen und den Gefässkryptogamen, d. h. in allen denjenigen Fällen, wo die Spermatozoiden eine von der Schwärmsporenform der Algen stark abweichende Gestalt angenommen haben.

[1]) Zuletzt im Handbuch Bd. II, 1. p. 158.
[2]) l. c. p. 39.

Bei den *Farnen*, resp. einigen *Polypodiaceen*, fand ich schon früher,[1]) dass die frei gewordenen, abgerundeten Mutterzellen der Spermatozoiden zunächst ihren centralen Zellkern einbüssen, und sich nun ihr ganzes Protoplasma an die Wand der Zelle zurückzieht, während ihr Inneres, von einer mit farbloser Flüssigkeit erfüllten, nur einige, spärliche Körnchen führenden Vacuole eingenommen wird. Dann spaltet sich die ganze protoplasmatische Wandschicht, im Umfang der Vacuole, zu einem Schraubenfaden, an dessen vorderen Windungen feine Cilien sichtbar werden. Nach Entleerung der Mutterzellen aus dem Antherium werden die Spermatozoiden durch Aufplatzen der Mutterzellwände frei, und nun eilen sie in dem umgebenden Wasser davon, die centrale Vacuole, an ihrer hinteren, cilienlosen Windung, mitnehmend.

Das Spermatozoid entsteht hier also durch Vollzellbildung aus dem gesammten Protoplasma der Mutterzelle und ist eine ebensolche histologische Einheit wie die Schwärmspore. Gleich den meisten Schwärmsporen wird es von einer nackten, zellkernlosen Protoplasmamasse gebildet, die also nach Haeckel's Terminologie als Cytode,[2]) nicht als Zelle, zu bezeichnen wäre.

Neuere Untersuchungen haben die hier gegebene Entwicklungsgeschichte auch für andere Farne bestätigt, ganz zuletzt ist dies noch von Bauke für die Cyatheaceen geschehen,[3]) ausserdem hat aber Millardet[4]) die Untersuchungen noch auf andere Gruppen der Gefässkryptogamen ausgedehnt; Pfeffer[5]) hat sie für Selaginella-Arten geliefert. Bei *Selaginella*-Arten zeigt sich nun die Entwicklung des Spermatozoiden ganz derjenigen bei den Farnen entsprechend. Bei *Isoëtes lacustris* ist sie ihr jedenfalls sehr ähnlich, nur dass hier das Protoplasma, im Beginn der Differencirung, die ganze Mutterzelle erfüllt und erst in dem Maasse, als es zur Bildung des Spermatozoiden verbraucht wird, eine innere Höhlung, um die das Spermatozoid nun eingerollt

[1]) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. VII p. 394.
[2]) Gen. Morphologie Bd. I, p. 275.
[3]) Jahrb. f. wiss. Bot. X p. 73.
[4]) Le prothallium male des Cryptogames vasculaires Strasbourg 1869.
[5]) Botanische Abhandl. v. Hanstein p. 15.

erscheint, sich bildet.[1]) *Marsilia* ist nun aber dadurch merkwürdig, dass bei der Bildung ihrer Spermatozoiden ein Theil des Inhalts der Mutterzellen unbenutzt zurückbleibt. — Bei *Marsilia elata*[2]) zeigen die Mutterzellen erst einen homogenen Inhalt, dann sammeln sich im Centrum der Zelle Körnchen, grösstentheils Stärkekörnchen, an, während sich an der Peripherie eine durchsichtige Zone einstellt. Alsbald ist die körnige Masse einseitig verschoben und wird von der durchsichtigen Masse wie umfasst. Die körnige Masse wird mit Jod blau, die durchsichtige gelb gefärbt. Aus der ersteren entsteht das schraubenförmig eingerollte Spermatozoid und sie wird heller in dem Maasse als es sich bildet. Schliesslich umgiebt das Spermatozoid ein, nur wenige Körnchen enthaltendes Bläschen, es eilt beim Freiwerden aus der Mutterzellwand davon, während die vorhin genannte durchsichtige Masse, sich im Wasser abrundend, unbenutzt liegen bleibt. — Bei *Salvinia natans* wird, nach Pringsheim's Beschreibung[3]) zu urtheilen, in jeder Antheridialzelle erst ein kleines bläschenförmiges Gebilde aus der, sich von den Mutterzellwänden zurückziehenden Protoplasmamasse ausgeschieden, bevor letztere sich in die vier Spermatozoidmutterzellen theilt. Der Fall bei Marsilia, wo das Spermatozoid nicht den gesammten Inhalt der Mutterzelle zu seiner Bildung beansprucht, lässt sich mit demjenigen der Entstehung der Oospore der Peronosporeen oder von Rhipidium vergleichen und also auch als eine Art freie Zellbildung auffassen. Merkwürdig ist die weitere Veränderung des Vorgangs bei Salvinia, wo die Ausstossung eines Theils des Inhalts auf einen früheren Zustand verschoben wird; hier entsteht also die Urmutterzelle der Spermatozoiden gleichsam durch freie Zellbildung, während, wie es scheint, die Spermatozoiden in ihren resp. Mutterzellen, nun ohne weitere Inhaltsscheidung, durch Vollzellbildung erzeugt werden.

---

[1]) Millardet l. c. p. 16.
[2]) Millardet l. c. p. 6.
[3]) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. III p. 510.

Zweiter Theil.

Ueber Zellbildung und Zelltheilung im Thierreiche.

Gewöhnlich wird bei Besprechung der Entstehungsvorgänge pflanzlicher Zellen auch der Verschmelzung des Inhalts zweier, selten mehrerer, Zellen zur Bildung einer einzigen gedacht: der Conjugation und Fecundation. Diese Vorgänge will ich aber, weil sie mit unserer eigentlichen Aufgabe in keinem directen Zusammenhang stehen, hier ausser Behandlung lassen.

Zweiter Theil.

Ueber Zellbildung und Zelltheilung im Thierreiche.

Von grossem Interesse muss es nun für uns sein, zu erfahren, ob die für pflanzliche Zellen gewonnenen Resultate auch für die thierischen gelten. Es herrscht eine so grosse Uebereinstimmung im Bau dieser Elementarorgane in beiden Reichen, dass eine Uebereinstimmung auch in ihrer Bildung a priori wahrscheinlich erscheinen muss. Nun haben wir im Allgemeinen gefunden, dass der Zellbildungsprocess im ganzen Pflanzenreiche aus gemeinsamer Grundlage sich entwickeln lässt; es würde daher auch ein einziges mit den typischen Vorgängen des Pflanzenreiches übereinstimmendes Beispiel aus dem Thierreiche genügen, um uns zu überzeugen, dass die bei den Pflanzen gewonnenen Resultate ganz im Allgemeinen für die Zelle gelten. Nicht unsere Aufgabe könnte es aber sein, zu verfolgen, wie sich dieser typische Vorgang dann noch im Thierreiche in einzelnen Fällen modificirt. Die Zurückführung solcher Modificationen auf einen allgemeinen Typus, so wie wir sie für das Pflanzenreich versucht, bliebe dann den mit dem Gesammtgebiet der Thiere vertrauten Zoohistologen vorbehalten.

Es wird sich bei dieser Betrachtung fast ausschliesslich nur um Zelltheilung handeln, da genauere Angaben über freie Zellbildung im Thierreich meines Wissens fast so gut wie fehlen.

Ich sprach eben die Vermuthung aus, es dürfe wohl auch nur einen Vorgang der Zellentstehung im Thierreiche geben, auf welchen anderweitige Abweichungen zurückzuführen seien; dem scheint nun freilich eine eben erschienene Abhandlung von

Auerbach[1]) zunächst schon zu widersprechen indem es in derselben gleich in den Vorbemerkungen heisst, »dass es in verschiedenen Fällen in der That mannichfache, nicht blos formell, sondern wesentlich verschiedene Proceduren sind, welche die Vermehrung der Kerne vermitteln. Das Gemeinschaftliche ist nur das, dass innerhalb eines gegebenen protoplasmatischen Substrats die Vermehrung erfolgt.« Ganz unzweifelhaft soll eine echte und »unantastbare« Selbsttheilung der Kerne existiren und eine hervorragende Rolle spielen, Auerbach selbst beschreibt aber eingehend in der genannten Abhandlung eine neue Art der Kernvermehrung, die er als die palingenetische bezeichnet, und die er an den nackten Zellkernen der Eier von Ascaris nigrovenosa und Strongylus auricularis verfolgt haben will. Der centrale hüllenlose Zellkern[2]) des noch einzelligen Eies wird in der Richtung der Längsaxe desselben spindelförmig und zeigt bei fortgesetzter Streckung eine Verminderung seiner Masse. Er erscheint bald nur als eine ganz enge Spalte im Protoplasma, und diese verschwindet dann gänzlich. Doch noch während seiner Verlängerung ist an seinen beiden Enden eine grosse Anzahl radiärer heller Strahlen in dem dunklen Dotter aufgetreten, sind gleichsam zwei blasse Sonnen entstanden, welche unter einander durch ein langes stabförmiges Zwischenstück in Verbindung stehen, und dieses letztere enthält eine Zeit lang noch den erwähnten nucleären Spalt.[3]) Auerbach meint nun, dass diese Doppelsonne mit ihrem Verbindungsstiel dadurch entsteht, dass der Kern untergeht; dass während der Verlängerung und gleichzeitigen Volumensverminderung der Kernhöhle allmälig der dieselbe erfüllende Kernsaft zwischen die Molecüle des benachbarten Protoplasmas eindringt und dabei die Dotterkörnchen aus diesem verdrängt. Das Active bei dieser Erscheinung ist, nach Auerbach, jedenfalls nicht der Kern selbst, sondern das ihn umgebende Protoplasma. Um diese Zeit beginnt die Segmentirung des Dotterballens, die

[1]) Organologische Studien zweites Heft 1874.
[2]) Ueber dessen Entstehung vergl. bei Auerbach p. 202—217.
[3]) l. c. p. 218.

sich bei Strongylus auriculari dadurch anzeigt,[1]) »dass die Dotterkügelchen sich sowohl von der Oberfläche des Dotterballens, als auch von einer mittleren Querebene in demselben etwas zurückziehen, so dass ringsherum ein klarer protoplasmatischer Saum und ausserdem in der Mittelgegend ein blasser, querer, beiderseits in den Saum übergehender Streifen sichtbar wird.« Hierdurch ist die Ebene für die bevorstehende Trennung des Protoplasmas verzeichnet.

Bei Ascaris nigrovenosa will Auerbach hingegen nur eine partielle, auf die Gegend der Furchungsrinne beschränkte Ausbildung des peripherischen Saumes beobachtet haben. Nun folgt die Einfurchung, die rasch fortschreitet und nach kurzer Zeit bis an den entgegengesetzten Rand gelangt, wenn sie nicht vorher einer von diesem kommenden, ähnlichen Einkerbung begegnet. Bemerkenswerth ist, dass die Dotterhaut an dieser Einsenkung keinen Antheil nimmt, und dass die Einbuchtung sehr bald von einem schmalen Saum klaren, körnchenfreien Protoplasmas begrenzt ist, welcher auch die sich weiterhin vertiefende Einkerbung immer umfasst, an den Eiern von Strongylus auriculari aber in noch grösserer Ausdehnung vorhanden ist.[2])

Kurz nachdem die Einfurchung aber begonnen, soll in dem Stiele der Doppelsonne (der karyolitischen Figur) an zwei der Furchungsebene nahen Punkten je eine Vacuole sich bilden. Diese Vacuolen nehmen nun an Grösse zu, rücken auseinander, und wenn die Durchfurchung vollendet ist, haben sie die Mitte ihrer Segmente eingenommen, ohne hingegen die Sonnen ganz zu erreichen.[3]) Die Vacuolen geben sich als die jungen Kerne zu erkennen, die karyolitische Figur schrumpft dabei allmälig mehr und mehr zusammen, wobei der Körper der Sonne sich zu einem concavconvexen Meniscus oder einer Scheibe abflacht, diese schwindet zuletzt. Auerbach meint nun, dass in jeder entsprechenden Hälfte der karyolitischen Figur der in ihr diffus vertheilte Kern-

[1]) l. c. p. 222.
[2]) l. c. p. 223.
[3]) l. c. p. 224.

saft, aus den Molecülar-Interstitien des Protoplasmas sich herausziehend, wieder in einen Tropfen sich sammelt und zum Kern des Segments gestaltet.[1])

Die Kerne sind zunächst nur mit klarer Flüssigkeit erfüllte Höhlen im Protoplasma, nachträglich finden sich in ihnen aber Kernkörperchen ein, ein grösseres und zwei bis drei kleinere, sie treten nicht völlig gleichzeitig und durchaus unabhängig von einander auf, als Kügelchen, die anfangs sehr blass, allmälig dunkler werden und dann noch an Grösse zunehmen.[2]) Eine Hüllmembran erhalten die Kerne nicht. Aus dieser Schilderung Auerbach's können wir zunächst entnehmen, dass die Theilung des Protoplasmas der Eier von Strongylus auriculari und Ascaris nigrovenosa in ganz ähnlicher Weise, wie in den pflanzlichen Zellen, vor sich geht. Bei Strongylus wird die Hautschichtplatte in der ganzen Theilungsfläche vorgebildet und die Trennung erfolgt dann innerhalb derselben.[3]) Bei Ascaris schreitet die Bildung dieser Platte von aussen nach innen fort, begleitet von der gleichzeitigen Trennung der beiden Zellen, alles Verhältnisse, die uns in ähnlicher Weise bei Theilung pflanzlicher Zellen entgegentreten, namentlich auch dann, wenn diese Theilung zur Trennung der Schwesterzellen führen soll und nicht von Celluloseausscheidung begleitet ist: so z. B. bei der Theilung des Inhalts der Zellen von Ulothrix zur Bildung zweier Schwärmsporen. Hier wie dort nimmt die vorhandene Hautschicht der Zelle an der Theilung nicht Theil, sie faltet sich nicht ein, es wird vielmehr, ob simultan in der ganzen Fläche, ob von aussen nach innen fortschreitend, die Hautschicht für die Theilungsebene neu gebildet. Eine sehr häufige Erscheinung im Thierreiche scheint es zu sein, dass die Theilung, respective Trennung, des Protoplasmas ganz einseitig vorschreitet,[4]) was aber selbstverständlich

[1]) l. c. p. 226.

[2]) l. c. p. 205.

[3]) Ebenso nach Goette im Ei der Unke. Vergl. Atlas zur Entwicklungsgeschichte der Unke Taf. I, Fig. 18 und Text p. 56 u. 58.

[4]) Vergl. hierfür auch Kleinenberg, Hydra p. 49. Ueber ein eventuelles Verhältniss dieser Theilungsart zur Stellung des Zellkerns siehe weiter unten.

keinen irgend wie in Betracht kommenden Unterschied gegen die Pflanzenzellen abgeben kann.[1])

Anders nun, wie mit der Theilung des Protoplasmas der Zelle, soll es sich hier mit ihrem Kern verhalten, denn etwas der »palingenetischen Kernvermehrung« Analoges haben wir im Pflanzenreiche nicht aufzuweisen. Doch sind hier nicht einige Theile des Vorganges dem Verfasser verborgen geblieben oder von demselben unrichtig gedeutet worden? — Ich suchte hierüber durch eigene Untersuchungen der Eier von Ascaris nigrovenosa ein Urtheil zu erlangen, kam aber zu wenig entscheidenden Resultaten, da ich diese Eier alsbald als relativ ungünstige Objecte für die Entscheidung dieser Fragen erkennen musste. So viel stand für mich zunächst nur fest, dass durch das, was ich selbst gesehen, die Möglichkeit einer Uebereinstimmung mit den Vorgängen in pflanzlichen Zellen bis zu einem gewissen Grade nicht ausgeschlossen war. Doch die Details blieben mir constant unter den dunklen Protoplasmakörnern der Eier verborgen.

Mittlerweile hat Bütschli, der die Eier verschiedener freilebender Nematoden vornehmlich auch diejenigen von Cucullanus elegans und zweier Schnecken untersuchte, auch noch andere Bilder für die Kernvermehrung gewonnen.[2]) Zunächst schwand während der Theilung des »Dotters« jede deutliche Grenze zwischen dem ehemaligen Kern und dem Dotter, wobei aber durchaus nicht ausgemacht war, dass die Kernmaterie sich wirklich mit dem umgebenden Protoplasma gemischt hatte. »Nachdem nun bei Cucullanus elegans der Kern in ein Stadium der Unerkennbarkeit eingetreten ist« — »so sieht man in der Mittellinie des Dotters, die früher der Kern einnahm, einen spindelförmigen Körper liegen. Er ist deutlich längsfaserig, und in den frühesten Stadien seiner Erkennbarkeit liegt in jeder

[1]) Auch schreibt Alexander Braun (Verj. p. 255), dass er an den späteren beweglichen Generationen von Chlamidococcus pluvialis, einer einzelligen Alge, noch vor Aufhören der Bewegung häufig eine vom hinteren Ende gegen das vordere, flimmertragende, allmälig fortschreitende Theilung der Schwärmspore beobachtet habe.

[2]) Vergl. die Vorläufige Mittheilung in d. Zeitschr. f. wiss. Zoologie Bd. XXV, p. 211.

Faser im Aequator des Körpers ein dunkles, glänzendes Korn, so dass die Körner zusammen in der Ansicht auf die Enden des spindelförmigen Körpers einen Körnerkreis bilden.« »Aus dem einfachen aequatorialen Körnerkreis gehen zwei hervor, die in der Längsrichtung des Körpers nach dessen Enden zu auseinanderrücken, bis sie schliesslich nahe den Mittelpunkten der zukünftigen Furchungskugeln angelangt sind; dann ist gewöhnlich von den spitzzulaufenden Enden des ehemaligen spindelförmigen Körpers nichts mehr zu sehen, sondern man bemerkt nur die beiden Körnerkreise mit den sie verbindenden Fasern.[1]) Mittlerweile ist die Furchung des Dotters senkrecht zur Axe dieser Fasern nahezu vollendet. Wenn die Bildung der Kernchen beginnt, ist jede deutliche Spur der Körnchenkreise und Fasern verschwunden, ohne dass ich anzugeben wüsste,« schreibt Bütschli, »was aus ihnen geworden ist.«

Der so geschilderte Vorgang erinnert auffallend an unsere Erfahrungen an pflanzlichen Zellen, er wird fast übereinstimmend, wenn wir ihn durch die Schilderung ergänzen, die Bütschli früher, und zwar noch vor Auerbach's Veröffentlichungen, von der Eifurchung bei Rhabditis dolichura gegeben.[2]) Da sah er nämlich, bei Beginn einer jedesmaligen Theilungsaction, den Kern »recht undeutlich« werden, wobei »von einem Verschwinden desselben aber keine Rede« war (l. c. p. 104). Der Kern erhält hierbei die Gestalt einer Citrone (l. c. Fig. 61c II), wahrscheinlich in das von Bütschli nunmehr für Cucullanus beschriebene, spindelförmige Stadium eintretend, wobei hier aber die Streifung und der aequatoriale Kreis unsichtbar bleiben. Nach einiger Zeit sollte dann an jedem Pol des citronenförmigen Gebildes eine kleine knopfförmige Anschwellung bemerkbar werden, mehr und mehr wachsen und um diese sich je ein Strahlenkreis im Dotter bilden. »Es

---

[1]) Aehnliche Bilder hat zuerst Kowalevsky in den Furchungskugeln von Euaxes gesehen (Mém. de l'acad. imp. d. sc. de St. Petersb. VII^me^ Sér. T. XVI 1871 Taf. IV, Fig. 24) und als einen sich theilenden Kernkörper beschrieben.

[2]) Vergl. Nova Acta Ac. C. L. C. Nat. Cur. Vol. XXXVI. p. 101—104 u. Taf. XXVI Fig. 61. 1873.

haben sich demnach jetzt schon zwei Centren der Anziehung gebildet.« »Die knopfartigen Anschwellungen rücken mehr und mehr auseinander und vergrössern sich gleichzeitig stetig, indem der sie verbindende Theil immer schmäler wird und schliesslich nur wie ein dünner Verbindungsfaden erscheint. Jetzt beginnt auch die eigentliche Furchung; zuerst erscheint an den Rändern eine senkrecht zu diesem Faden gestellte Furche, die mehr und mehr nach innen sich fortsetzt, bis schliesslich eine vollständige Trennungsspalte hergestellt ist« (l. c. p. 102 u. 103 u. Fig. 61). Die für Rhabditis geschilderten Vorgänge der Tochterkernbildung, die auf die Spindelform des Mutterkerns folgen, scheinen umgekehrt bei Cucullanus unsichtbar zu bleiben, und erwähnt Bütschli denn auch:[1]) »die karyolithische Figur Auerbach's könne bei Cucullanus elegans deshalb nicht zum Ausdruck kommen, weil die Dotterkörner fehlen.«

Gerade diese Homogenität der Eimasse mag hier die späteren Vorgänge der Tochterkernbildung, wobei die Kernmasse sich kaum optisch von dem umgebenden Protoplasma unterscheidet, unsichtbar machen, die Einsicht in die Differencirung innnerhalb des Mutterzellkerns vor Bildung der Tochterzellkerne aber ermöglichen. Bei Rhabditis[2]) verdecken hingegen die Dotterkörner die erste Differencirung innerhalb des Mutterzellkerns; die homogenen Tochterzellkerne stechen dann aber gegen diese Körnchen ab. So sind beide Objecte wohl geeignet, sich gegenseitig zu ergänzen.[3]) Nach Ausbildung der Trennungsspalte wird, nach Bütschli, bei Rhabditis die strahlenförmige Zeichnung in dem Dotter undeutlicher, die Contouren der Kerne aber immer bestimmter, bis sie wieder scharf umschriebene Bläschen darstellen. Während des ganzen Vorgangs der Theilung fand er andererseits die Contouren der Kerne etwas verschwommen, und oft schien es ihm selbst, als wenn von ihnen aus strahlenartige Fort-

---

[1]) Vorl. Mittheilung p. 211.

[2]) So auch bei Ascaris nigrovenosa.

[3]) Die von Auerbach untersuchten Ascaris und Strongylus verhalten sich jedenfalls wie Rhabditis, wie denn auch die Auerbach'schen Abbildungen denjenigen von Bütschli (Nova Acta) sehr ähneln.

sätze in die Substanz des Dotters sich erstreckt hätten (p. 103). Da Herr Dr. O. Bütschli seine Angaben über das Verhalten der Kerne von Cucullanus nur in Form einer vorläufigen Mittheilung, ohne Figuren, veröffentlicht hatte, so bat ich denselben brieflich, mir seine, diesen Vorgang illustrirenden Zeichnungen einzusenden und mir eventuell dann auch deren Benutzung zu gestatten. Herr Dr. Bütschli ging in der freundlichsten Weise auf meine Bitte ein und fügte noch brieflich [1]) weitere, mir höchst werthvolle Angaben seinen bisher veröffentlichten hinzu. So erfahre ich aus denselben, dass bei der Theilung der Keimzellen der Spermatozoiden von Blatta germanica »die Formation des spindelförmigen Körpers und seine Umwandlungen, sowie die Entstehung der neuen Kerne der jungen Zellen zum Theil noch besser zu sehen sind, wie bei Cucullanus.« »Auch bei den sich theilenden embryonalen rothen Blutkörperchen des Hühnchens lassen sich, wenn auch nicht so deutlich, dieselben Vorgänge beobachten.« Auch hat Dr. Bütschli »fernerhin diesen, durch Umwandlung des Kernes hervorgehenden, spindelförmigen Körper auch noch hinreichend deutlich in den Furchungskugeln von Räderthiereiern (Brachionus und Notommata) und auch in den Blastodermzellen eines Schmetterlingseies gesehen.« Bei Schneckeneiern konnte er »wenigstens deutlich den faserig streifigen Bau des Kernes während der Theilung« verfolgen und beim Froschei schienen ihm die Verhältnisse »ganz entsprechend zu verlaufen.« »Es ist also diese Erscheinung,« schreibt Dr. Bütschli, »jedenfalls eine weit verbreitete bei der Zelltheilung in der Thierwelt.« Dennoch hat er »bis jetzt auch bei einigen Objecten sich vergeblich bemüht, bei der Kerntheiluug etwas von den in Frage stehenden Bildungen wahrzunehmen, so namentlich bei den Knorpelzellen.«

Zum Schluss will ich hier auch noch der Beobachtungen von Fol an Geryonia-Eiern erwähnen.[2]) Im befruchteten Geryonia-Ei schreibt derselbe, »wird zunächst der Eikern oder das Keimbläschen heller, verschwommener;« . . . nach einigen Secunden

[1]) Datirt Frankfurt a. M. d. 16. April 1875.

[2]) Jenaische Zeitschrift für Medicin und Naturwissenschaften Bd. VII, p. 475.

verschwindet es gänzlich vor dem bewaffneten Auge. »Setzen wir aber gerade in diesem Augenblicke etwas Essigsäure hinzu, so kommt der Rest, gleichsam nur eine Andeutung des früheren Kerns, wieder zum Vorschein. Auf beiden Seiten dieser Kernüberbleibsel zeigen sich zwei Protoplasmaanhäufungen, deren dicht angesammelte Körnchen zwei regelmässige sternförmige Figuren darstellen. Die Strahlen dieser Sterne werden durch die in geraden Linien aneinander gereihten Körnchen gebildet. Mehrere solche Linien reichen von einem Stern- oder Anziehungscentrum in einem Bogen zum andern, indem sie die Reste des Keimbläschens umfassen. Das ganze Bild ist äusserst klar und deutlich und erinnert lebhaft an die Art und Weise, wie ausgestreuter Eisenstaub sich um die beiden Pole eines Magneten anordnet.« »Hätten wir,« schreibt Fol, »mit dem Zusatz des Reagens noch einige Secunden gewartet, so hätten wir vom Keimbläschen keine Spur mehr angetroffen. Die Sterne sind dann schon weiter auseinandergerückt.« »Jetzt fängt die erste Furchung oder Zelltheilung an,« »senkrecht auf eine Linie, die wir uns durch beide Sterne geführt denken können.«

Es war auch dasselbe von Fol zum Vergleich herangezogene magnetische Bild, das mir in den Sinn kam, als ich die vorgerückteren Stadien der Kerntheilung, zum ersten Mal, in den Kernen der vierzelligen Anlage im Ei der Abietineen erblickte.[1]) Die Angabe über das Zurückbleiben eines Restes des früheren Kerns zwischen den beiden neuen, sind wir geneigt, auf die beide Kerne verbindenden Kernfäden zurückzuführen. Fol hat jedenfalls nur die vorgerückteren Stadien der Kerntheilung gesehen, während die jüngeren auch hier wohl, wie in so vielen andern Fällen, verborgen bleiben.[2])

Hiermit schliesse ich die Literaturübersicht ab, und zwar ohne eine vollständige Aufzählung aller früheren Arbeiten über die Theilungsvorgänge der thierischen Zelle zu geben, vielmehr

---

[1]) Vergl. meine Taf. II, Fig. 23.

[2]) An die Fol'schen Abbildungen für Geryonia lassen sich auch diejenigen von Flemming für Anodonta anschliessen. Vergl. Archiv f. mikr. Anat. Bd. X, Taf. XVI vornehmlich Fig. 28; auch den Text p. 286.

nachdem ich eine Auswahl aller solcher Angaben versucht, die in directem Zusammenhang mit den uns hier beschäftigenden Fragen stehen. Das eben erschienene Buch von Goette, das die Theilungsvorgänge im Ei der Unke ausführlich schildert, war ich nicht mehr in der Lage hier zu besprechen.

Meine eigenen Untersuchungen thierischer Zellen beschränkte ich auf nur wenige Objecte, doch auf zwei möglichst entlegenen Gebieten: auf Netzknorpelzellen aus der Ohrmuschel eines Kalbes und auf einige Eier.

Das erste Object wählte ich als Beispiel der s. g. endogenen Zelltheilung »umkapselter Zellen,« das als solches den bisher betrachteten Fällen der Theilung nackter Zellen scharf gegenüber gestellt wurde. Ich muss freilich gleich vorausschicken, dass dieses Object »ungünstig« für die Beobachtung des Theilungsvorgangs ist; dass an frischen Objecten, auch bei möglichster Variation in der Beobachtungs- und der Behandlungsweise, sich kaum etwas gewinnen lässt; dass relativ die besten Resultate aber erzielt werden, wenn man das ganz frische Material in absoluten Alcohol einlegt, dann sehr zarte Schnitte von den so behandelten Objecten anfertigt, sie in die Schweigger Seidel'sche hellrothe Essigsäure-Carminlösung bringt und endlich Tags darauf in concentrirtem Glycerin untersucht. Die so erhaltenen Bilder lassen freilich immer noch einen ziemlich weiten Spielraum der Phantasie übrig, allein sie genügen doch, um sicher festzustellen, wie wenig die Schemata, die für die Theilung der Knorpelzellen im Allgemeinen noch abgebildet werden,[1]) auf den wirklichen Vorgang dieser Theilung passen. Meine Beobachtungen schliessen hingegen an die von Heidenhain an.[2]) Heidenhain fand die Zellkerne nie in der behaupteten Abschnürung, vielmehr immer schon zwei gesonderte, nahe an einander, in einer noch ungetheilten Zelle. Er sah dann weiter, mitten durch die Zelle,

[1]) Vergl. Frey, Handbuch der Histologie und Histochemie des Menschen 4. Aufl. 1873 p. 91.

[2]) Studien 2.

zwischen den beiden Zellkernen, die Scheidewand auftreten als eine durchaus einfache, äusserst feine, in der Mitte und an den Enden gleich breite Linie.

Jede Knorpelzelle, das muss vorausgeschickt werden, ist von einer homogenen farblosen Membran umgeben und an diese erst grenzt, oft ganz scharf, oft auch weniger scharf, die faserige Substanz. — An meinen mit Essigsäure-Carmin behandelten Präparaten war die farblose homogene Membran nicht unbedeutend gequollen. Der protoplasmatische Zellkörper schliesst einen grossen dichten Zellkern ein, der von Carminlösung dunkler gefärbt war und gegen den sonst inhaltsarmen Zellkörper meist deutlich abstach. Das erste Anzeichen der Theilung glaubte ich in solchen Zellen zu finden, in denen der Zellkern in einer Richtung sich vorwiegend ausgedehnt hatte; er war dann auch oft wie von einer aequatorialen Platte durchsetzt. Dann fand ich auch Zustände, die mir ein begonnenes Auseinanderweichen zweier Plattenhälften zu zeigen schienen. Auch konnte ich in einigen Fällen deutlich zwischen den weiter auseinandergerückten Kernhälften feine Fäden ausgespannt sehen, ohne dass noch eine Spur von Theilung am Protoplasma der Zelle zu bemerken gewesen wäre. Im Aequator der Fäden, die ich hier, wie in der Pflanzenzelle, als Kernfäden bezeichnen möchte, und im ganzen Umfang derselben bis an die Mutterzellwand reichend, wurde dann eine Trennungsschicht sichtbar, jedenfalls den Anfang der Zellplatte andeutend. Endlich war die ursprüngliche Mutterzelle in zwei Schwesterzellen getheilt und zwar beide durch eine homogene Scheidewand getrennt, die am Rande an die homogene Mutterzellwand ansetzte. In Essigsäure-Carmin zeigte die Scheidewand, in Folge der Quellung, von Anfang an eine nicht unbedeutende Stärke, so etwa wie die stark quellbaren Scheidewände in den Pollenmutterzellen gleich nach ihrer Anlage. Aus zahlreichen Beobachtungen musste ich die Ueberzeugung gewinnen, dass auch hier, wie in Pflanzenzellen, die vor der Theilung von einer vollständigen Zellplatte durchsetzt sind, die Scheidewand nicht von aussen nach innen fortschreitend, sondern simultan in der ganzen Trennungsfläche angelegt wird. Hiermit ist dann der ganze

Theilungsact vollendet; die junge Scheidewand nimmt aber vornehmlich in ihrer Mitte an Stärke zu und erscheint daher hier angeschwollen. Hat die angeschwollene Stelle aber eine bestimmte Dicke überschritten, so spaltet sie sich, wie pflanzliche Zellmembrane, in drei Lamellen, zwei peripherische und eine mittlere. Die peripherischen bleiben homogen, die mittlere erscheint aber faserig. Letztere zeigt ihrer Entstehung gemäss eine spindelförmige Gestalt, nimmt an Dicke zu [1]) und nähert sich mit ihren beiden Enden allmälig den Rändern der auch im Ganzen an Dicke zunehmenden Scheidewand. Endlich hat sie dieselbe völlig durchsetzt und nun mündet sie in die Netzfaserschicht im Umfang der Zelle ein. Wenn auch schon deutlich faserig, erscheint sie doch auch jetzt noch dichter, d. h. viel engmaschiger als weiter liegende Partieen der s. g. Zwischensubstanz, welche übrigens auch im Umkreise eines jeden Zellcomplexes dichter gewebt sind als an entfernteren Orten. Wie aus Obigem hervorgeht, ist die Zwischensubstanz, wenigstens in diesem Falle, nichts weiter, als die netzfaserig differencirten Mittellamellen der Zellmembranen.[2]) Die Theilungen in den Zellen wiederholen sich rasch und zwar meist in mit den vorhergehenden sich kreuzenden, seltener in den gleichen Ebenen. Die Folge ist aber, dass jede Zelle schliesslich von der Mittellamellsubstanz ganz umgeben werden muss. Durch die Vermehrung derselben im Umfang jedes Zellcomplexes und ihre weitmaschiger werdende Differencirung rücken aber die einzelnen Zellcomplexe immer mehr auseinander.[3])

Wie wir also aus Obigem sehen, werden die Zellkerne der Knorpelzellen nicht biscuitförmig ein- und durchgeschnürt und auch die chemisch differenten Membranen dieser Zellen nicht von aussen nach innen fortschreitend gebildet. Ist das Object im Allgemeinen auch für das Studium des Theilungsvorgangs

[1]) Hier also auch jedenfalls Wachsthum durch Intussusception wie bei den pflanzlichen Membranen.

[2]) Dass diese Differencirung nichts mit der Structur des Protoplasmas zu thun hat, wie es Heitzmann (Szb. d. K. Acad. d. Wiss. Band LXVIII. Abth. III, Juli-Heft, Wien 1873) will, ist wohl klar.

[3]) Ueber die Literatur der hier berührten Fragen bitte ich in Frey's Handbuch 4. Aufl. p. 177 nachzuschlagen.

ungünstig, so war zum Mindesten doch ganz sicher festzustellen, dass an demselben sich keine Momente für eine abweichende Auffassung der Zelltheilung ergeben. Da die an dem Mutterkern entstehenden beiden Tochterzellkerne nur wenig auseinander rücken, so muss das oft an Abschnürung erinnernde Bilder ergeben, im Allgemeinen sind es aber keine andern Bilder, als wir sie in Pflanzenzellen unter ähnlichen Verhältnissen gesehen.

Doch ganz andere, positive Ergebnisse habe ich den Untersuchungen der Eifurchung zu verdanken. Ich verfolgte dieselbe an verschiedenen Eiern, vornehmlich der *Phallusia mamillata*. Da letztere das bei weitem günstigste Object für die Beobachtung abgab, so will ich mich im Folgenden auch ausschliesslich nur an dieselbe halten.

Die Thiere untersuchte ich Ende März dieses Jahres in Neapel, dieselben wurden mir in der zoologischen Station in gefälligster Weise, reichlich zur Verfügung gestellt. Die wenigsten Thiere waren schon völlig geschlechtsreif, immerhin gelang bei mehreren die künstliche Befruchtung der Eier. Zu diesem Zwecke wurden die Producte den Enden der Geschlechtsgänge entnommen und in eine Uhrschale in frischem Seewasser gemischt [1]) Das reife Ei (Taf. VII, Fig. 1) wird von gleichmässig feinkörnigem Protoplasma gebildet, das nach aussen sich mit einer nur schwach markirten Hautschicht abgrenzt. Dieses Ei liegt in einer ziemlich complicirt gebauten, doch im Allgemeinen durchsichtigen Eihülle eingeschlossen.[2]) Von dem ursprünglichen Kern ist im reifen Ei auch nicht die Spur mehr zu erkennen. Es scheint nach neueren Untersuchungen zu urtheilen überhaupt eine im Thierreiche ganz allgemeine Erscheinung zu sein, dass der Kern der Eier: das s. g. Keimbläschen, schon vor der Befruchtung,[3]) oder

[1]) So auch Kupfer Archiv für mikr. Anat. Bd. VI, p. 127.

[2]) Vergl. hierüber Kowalevsky Mém. d. l'Acad. imp. d. sc. d. St. Petersb. VII^{me} Ser. T. X. Nr. 15 1866 p. 2 u. Archiv f. m. Anat. Bd. VII, p. 103 u. 104, 1871, und Kupfer Ar. f. m. A. Bd. VI p. 120 u. f. 1870.

[3]) Kleinenberg, Hydra p. 46.

doch bald nach derselben[1]) aufgelöst,[2]) ja in anderen Fällen selbst theilweise evacuirt werde.[3]) Darin besteht ein Unterschied im Verhalten der thierischen und der pflanzlichen Eier, denn so weit die Beobachtungen reichen, wird bei letzteren kein neuer Zellkern bei der Befruchtung gebildet, vielmehr der alte, wo ein solcher überhaupt vorhanden, erhalten.

Die Befruchtung der Eier von Phallusia mamillata erfolgt in bekannter Weise.

Die Spermatozoiden haften oft in so grossen Mengen an der Oberfläche der Eihaut, dass das ganze Ei wie von einem dichten Flimmerüberzug besetzt erscheint. Alle Spermatozoiden kehren ihr »Kopfende« der Eihaut zu, ihr »Schwanzende« nach aussen, und indem sie nun in gleicher Richtung mit letzterem schwingen, können sie hin und wieder das ganze Ei in rotirende Bewegung versetzen. Kupfer[4]) hat diese Erscheinung geschildert, auch wurde sie bereits von Kowalevsky[5]) an den Eiern von Anneliden und Echinodermen beobachtet. Im Pflanzenreiche ist sie in ganz entsprechender Weise für die Eier von Fucaceen bekannt.

Die Befruchtung hat zunächst die Bildung eines neuen Zellkerns für das Ei zur Folge. Derselbe entsteht in höchst eigenthümlicher Weise. Man sieht an unbestimmter Stelle die Hautschicht stärker werden, sie zeigt dort eine Anschwellung (Taf. VII, Fig. 2), die von der Fläche betrachtet, annähernd kreisförmig umschrieben ist (Fig. 3), im optischen Durchschnitt dagegen etwa spindelförmig erscheint. Die Substanz der Anschwellung ist körnchenfrei und farblos wie die Hautschicht selbst. Das an diese Anschwellung grenzende, körnige, innere Protoplasma beginnt gleichzeitig eine radiale Anordnung zu derselben zu zeigen. Doch der die Anschwellung bildende Massentheil spaltet sich rasch

[1]) Auerbach l. c. p. 199. Bütschli l. c. p. 203.

[2]) Im Geryonia-Ei scheint das nach Fol freilich nicht stattzufinden, vielmehr die Verhältnisse wie im pflanzlichen Eie zu sein. Vergl. l. c. p. 475.

[3]) Bütschli l. c. p. 203, auch Oellacher und Flemming a. a. O.

[4]) l. c. p. 127.

[5]) Mém. d. l'Acad. imp. d. sc. d. St. Petersb. VII Ser. 1868.

gegen eine, in ursprünglicher Stärke zurückbleibende Hautschichtlage ab und zwar in Gestalt eines in das innere, körnige Protoplasma eintauchenden Sackes (Taf. VII, Fig. 4). Nicht selten werden innerhalb der Vertiefung dieses Sackes eine oder einige kleinere Vacuolen sichtbar (Fig. 4). Bald löst sich aber der Sack völlig von der Hautschicht los (Fig. 5) und das ihn bildende homogene Protoplasma fängt an sich zu einem sphaeroiden Körper zusammenzuballen (Fig. 6 und 7). Die radiale Anordnung des körnigen Protoplasmas im Verhältniss zu diesem Körper wird immer auffallender, auch scheint es um denselben sich etwas zu verdichten. Die Strahlen haben bald allseitig die Peripherie des Eies erreicht (Fig. 7). Der neue Zellkern, denn als solcher ist er ja nunmehr leicht zu erkennen, hat die Mitte des Eies eingenommen, in seinem Innern sind schon während der Wanderung meist eine, seltener mehrere Vacuolen aufgetreten; diese allein fallen an frischen Objecten auf, an Alcohol-Präparaten sind die ganzen Kerne leicht zu sehen. (So an unseren Figuren 2—7.)

Nach Bütschli[1]) und Auerbach[2]) sollen bei verschiedenen Nematoden, an Stelle des Keimbläschens, mehrere »Kerne« auftreten und alsbald sich einander, oft in regelmässiger Wanderung, nähernd, zu einem einzigen verschmelzen. Auerbach giebt für Ascaris nigrovenosa zwei, Bütschli für Rhabditis dolichura zwei, in einem Fall sogar drei, solcher zu nur einem verschmelzender »Kerne« an (l. c. p. 205). Ja bei Cucullanus elegans sollen nach Bütschli (l. c. p. 206) bis fünf, bei einer Schnecke: Lymnaeus auricularis sogar bis acht oder vielleicht noch mehr derartiger »Kerne« auftreten (l. c. p. 206). Auerbach[3]) lässt die zwei »Kerne« von Ascaris nigrovenosa zu den beiden Polen des Eies, nahe unter der Oberfläche zwischen den dunklen Dotterkügelchen entstehen und zwar als je einen Lichtpunkt, welcher langsam aber continuirlich grösser wird und im Laufe von mehreren Minuten, unter Auseinanderdrängen der Dotterkügelchen, zu einem grösseren, etwas unregelmässg zackig be-

[1]) Nova Acta. Vol. XXXVI p. 102 und Vorl. Mitth. p. 204 u. ff.
[2]) l. c. p. 202 u. ff.
[3]) l. c. p. 203.

grenzten sehr hellen Fleck heranwächst. Ganz übereinstimmend mit der oben von mir gegebenen Schilderung für Phallusia mamillata führt hingegen Bütschli[1]) aus, dass, wo überhaupt die Entstehung der neuen »Kerne« der ersten Furchungskugel sich beobachten liess: bei Rhabditis dolichura, Cephalobus rigidus und einigen Diplogaster-Arten, ihre Bildung von dem hellen an der Oberfläche des Dotters angesammelten Protoplasma ausging. Letzteres soll an gewissen Stellen, namentlich an den Polen des Eies, sich etwas anhäufen, so dass es eine in dem körnigen Dotter eindringende Verlängerung bildet, die schliesslich mehr und mehr von dem körnigen Dotter umdrängt und von diesem aufgenommen wurde. — Die Wanderung der Kernmasse von der Oberfläche nach der Mitte wird, ob sie von nur einer oder von mehreren Stellen aus erfolgt, jedenfalls durch dieselben Kräfte veranlasst werden. Auch wo mehrere Theilmassen peripherisch auftreten, verschmelzen sie schliesslich zu nur einem Kerne. Wichtig ist die Beobachtung von Bütschli, dass ihre Zahl Schwankungen unterworfen sein kann. Dadurch geben sie sich eben zunächst nur als Material zur Bildung des Kernes und nicht als eben so viel selbständige Kerne zu erkennen. Nach einer älteren Angabe von Bütschli[2]) sieht man bei Rhabditis, erst im Augenblicke des Zusammentreffens der Theilmassen, die Körnchen des Dotters sich um dieselben radial gruppiren.

Die Bildung des Kerns pflegte an den von mir untersuchten Phallusia-Eiern, etwa zwei Stunden nach der künstlichen Vermengung beider Geschlechtsproducte zu beginnen. Die Wanderung des Kerns von der Peripherie nach dem Centrum wurde in einigen Minuten vollendet. Sie verlangsamte sich in dem Maasse, als sich der Kern von der Hautschicht entfernte. Der centrale Kern wird dann ganz homogen, sehr schwer sichtbar und beginnt sich in einer bestimmten Richtung auszudehnen. Dann tritt in ihm die uns von Pflanzenzellen her bekannte Streifung auf, er wird gleichzeitig spindelförmig und zeigt die aequatoriale Zellplatte (Taf. VII, Fig. 8). Die letzteren Vorgänge werden übrigens an

[1]) Vorl. Mitth. p. 204.
[2]) Nova acta p. 102, Taf. XXVI, Fig. 61 d.

lebenden Objecten durch die wenn auch feinen Körnchen des umgebenden Protoplasmas verdeckt, und gelangte ich zu bestimmteren Resultaten über dieselben nur an Alcohol-Präparaten, die ich mir theils in Neapel selbst hergestellt, theils der Güte des Herrn Dr. Syrski in Triest verdanke. Das Sichspalten der Kernplatte und das Auseinanderweichen ihrer beiden Abschnitte konnte ich also nicht direct verfolgen, um so werthvoller mussten mir daher die so ganz unabhängig und gleichzeitig durch Dr. Bütschli gemachten Beobachtungen sein. Von den mir zur Ansicht gesandten noch unveröffentlichten Figuren gestattete mir Dr. Bütschli einige, nach Wunsch, in meine Tafeln aufzunehmen. Ich wählte hierfür zwei Figuren sich furchender Eier von *Cucullanus elegans* und vier andere Figuren, welche die Theilung der Keimzellen der Spermatozoiden von *Blatta germanica* darstellen. Die ersten beiden Figuren tragen in meiner Tafel die Nummern 20 und 21, die vier letzteren 22—25. Fig. 22 zeigt den spindelförmig gestalteten und streifig differencirten Kern in der Spermazoidenkeimzelle von Blatta germanica noch vor Spaltung der Kernplatte. In Fig. 23 ist die Kernplatte schon gespalten, ebenso in Fig. 20 (Zelle rechts), welche zu Cucullanus elegans gehört. Fig. 20 stimmt vollständig mit dem, was ich in den Pflanzenzellen und mehr oder weniger deutlich auch bei Phallusia gesehen; die kleineren Differencen in der Darstellung der Fig. 22 u. 23, namentlich der scharfen Zuspitzung des spindelförmigen Kerns an seinen beiden Enden, dürften sich, bei späterer, besonders auf diesen Punkt gerichteter Untersuchung, noch ausgleichen. Fig. 21 zeigt das weitere Auseinanderweichen der beiden Kernplattenabschnitte und die Bildung der Kernfäden sehr schön, während die Bildung der neuen Tochterkerne bei Cucullanus, wie schon früher hervorgehoben wurde, nicht sichtbar ist. Diese Bildung wird uns aber durch die Fig. 24 und 25 von Blatta vorgeführt und zwar wiederum in einer Weise, welche sich ohne weiteres an die Vorgänge in pflanzlichen Zellen anschliessen lässt, und welche zeigt, wie auch hier die beiden Hälften des Mutterzellkerns durch die Endflächen der Kernplatte auseinandergerückt worden und jede Hälfte sich zu einem neuen Tochterzellkerne individualisirt.

Die letztgenannten Vorgänge lassen sich auch wieder bei Phallusia schön sehen und die Wirkungssphäre der neuen Kerne in vorzüglichster Weise verfolgen. Die mit absolutem Alcohol behandelten Präparate dieser Eier ziehen sich zwar nicht unbedeutend zusammen, bewahren aber alle Eigenthümlichkeiten der Structur, so dass ich sie zur Anfertigung genauer Zeichnungen verwenden konnte, was an den rasch sich verändernden lebenden Objecten nicht wohl möglich war. Es gelang mir theilweise schon ganz gute Präparate zu erhalten, wenn ich den auf dem Objectträger befindlichen Gegenstand, den ich in einem bestimmten Entwicklungszustande zu fixiren suchte, plötzlich mit einer grösseren Menge absoluten Alcohols übergoss, letzteren einige Minuten auf demselben stehen liess und dann durch concentr. Glycerin ersetzte. Die kurze Einwirkung des Alcohols genügte meist, um das Präparat zu erhärten und es ohne weitere Veränderung erhaltungsfähig zu machen. Mit färbenden Mitteln war wenig zu erreichen, nur hin und wieder gelang es mir, an erhärteten Eiern, die 24 Stunden in Essigsäurecarmin und dann eben so lange in Glycerin, das mit Spuren von Salzsäure versetzt war, gelegen hatten, die Kerne und Kernfäden dunkler und gleichmässiger gefärbt, gegen das umgebende Protoplasma hervortreten zu sehen.

Schon zur Zeit der spindelförmigen Differencirung des Mutterzellkerns wird, wie aus Bütschli's Figur 20 und meinen Figuren 8 und 15 zu ersehen, die ursprüngliche Anordnung der umgebenden Protoplasmatheile um den Mutterzellkern verändert und es beginnt sich eine neue Anordnung radial zu dessen beiden Polen sichtbar zu machen. Diese Anordnung wird prägnanter, sobald die beiden Plattenabschnitte auseinandergerückt sind. So erhalten wir denn alsbald die beiden durch einen Stiel verbundenen Sonnen: Auerbach's karyolithische Figur. Dass der Mittelpunkt jeder Sonne aber wirklich von einem neuen Zellkern eingenommen wird, was an frischen Objecten nicht leicht festzustellen ist, das zeigen auf das Unzweifelhafteste die Alcohol-Präparate, wie ich sie in meinen Figuren 9—10 (u. a. m.) zusammengestellt habe. Die zwischen den beiden Kernen ausgespannten Fäden sind bei Phallusia, ebenso

wie in den von Bütschli abgebildeten Fällen, nur wenig zahlreich und divergiren seitlich nur wenig; auf dem Zustande der Figur 12 werden sie schon sehr schwer kenntlich. Mit der fortschreitenden Ausbildung der Kerne wächst zunächst auch ihre Wirkungssphäre, wie es die auf die Figur 9 und 10 folgenden Figuren im Verhältnisse zu derselben zeigen; auch scheint sich wiederum das umgebende Protoplasma in ihrem Umfang etwas zu verdichten. Die radiale Anordnung der Protoplasmatheilchen erreicht einerseits die Peripherie des Eies, andrerseits beginnen die Strahlen unter entsprechenden Winkeln auf einander in der Aequatorialebene des Eies zu stossen. Dieses hat nun sofort eine Gestaltsveränderung des ganzen, bis dahin mehr oder weniger kugeligen Eies zur Folge, es beginnt sich dasselbe in der Richtung einer die beiden Kerne verbindenden Linie zu strecken (Fig. 11). Das Ei wird ellipsoid; die aequatoriale Ebene, in der die Strahlen aufeinanderstossen, fängt an sich etwas heller gegen das übrige Protoplasma zu markiren. Bald wird eine leichte ringförmige Vertiefung in der aequatorialen Ebene bemerkbar; sie beginnt hier völlig gleichmässig im ganzen Umfange des Eies, nimmt rasch zu, so dass nach wenigen Augenblicken die Trennung der beiden Eihälften vollzogen sein kann. Ich habe diese Trennung oft so plötzlich vor sich gehen sehen, dass von einem Fortschreiten derselben von aussen nach innen kaum mehr die Rede sein konnte, vielmehr sie ganz simultan in dem ganzen Querschnitt zu erfolgen schien.

Zwei Stunden nach dem Vermischen der Geschlechtsproducte pflegte ich viele Eier in der ersten Zweitheilung zu sehen. Die beiden durch Theilung des Eies hervorgegangenen Zellen wiederholen die eben geschilderten Vorgänge. Nach kürzerer oder längerer Ruhe sieht man ihren Zellkern sich wieder verlängern, die ursprüngliche Anordnung der ihn umgebenden Protoplasmatheilchen schwinden und eine neue Gruppirung um die Pole des verlängerten Kerns beginnen. Da kommt es denn nicht selten vor, bei Eiern, die frei auf dem Objectträger in nur wenig Wasser liegen und die sich daher abzuflachen streben, dass beide von einander getrennte Zellen nun wieder mit einander verschmelzen. Es ge-

schieht das, wie gesagt, erst dann, wenn die ursprüngliche Anordnung der Protoplasmatheilchen, wie sie während der Theilung entstanden, in jeder der beiden Zellen durch eine neue, die folgende Theilung vorbereitende, ersetzt wird. In solchen auf künstliche Weise wieder einzellig gewordenen Eiern kann man dann vier »Sonnen« erkennen, von welchen je zwei durch ein Verbindungsstück vereinigt sind und die mit ihren Strahlen sich gegenseitig nicht erreichen.

Meine Figuren 15—19 führen alle Zustände der Theilung in zweizelligen Eiern vor und verlangen keiner weiteren Erläuterung. Es verhält sich Alles wie bei der ersten Zweitheilung; eben so wie wir hier aber die Zellen bei jedem Theilungsschritt um die Hälfte kleiner werden sehen, so nehmen dem entsprechend auch die Zellkerne an Grösse ab. Diese Grössenabnahme muss aber zu einer Zeit constatirt werden, in der die Zellkerne sich noch nicht ausgehöhlt haben. Bei ihrem Entstehen werden die Zellkerne hier nämlich von einer homogenen, etwas stärker als die Umgebung, das Licht brechenden Substanz gebildet, in der aber alsbald eine, selten mehr, mit dünnflüssigem Inhalte erfüllte Vacuolen auftreten. Diese Kernvacuole vergrössert sich und die eigentliche Kernmasse bildet schliesslich nur noch die Wandung derselben. In der Vacuole zeigen sich aber ein oder mehrere Kernkörperchen. Die Bildung der Vacuole fällt bei dem ersten Kern, wie bereits erwähnt, schon in die Zeit seiner Wanderung von der Peripherie nach der Mitte des Eies. Bei den späteren Kernen sieht man sie meist erst mit Vollendung der Theilung sich zeigen. Diese Kernvacuolen sind nun auch an lebenden Objecten leicht sichtbar und sind jedenfalls sehr oft mit dem wirklichen Kern verwechselt worden, der wegen seiner, gegen die umgebende Masse nur geringen Brechungsverschiedenheit im lebenden Zustande sehr schwer zu erblicken ist. Die Alcohol-Präparate gestatten ohne weiteres die Einsicht in diese Verhältnisse, und habe ich beispielsweise zur Darstellung der Fig. 18 ein Object mit noch soliden Kernen gewählt, für Fig. 19 dagegen ein solches mit bereits ausgehöhlten. Sobald aber der Zellkern sich stark ausgehöhlt hat und Kernkörperchen in der Höhlung

aufgetreten sind, wird auch die radiale Anordnung der Protoplasmatheilchen um denselben undeutlich. Soll eine weitere Theilung folgen, so muss die Substanz des Kernes erst wieder gleichmässig werden, derselbe entschwindet in Folge dessen, an frischen Objecten, dann wieder mehr oder weniger der Beobachtung, verlängert sich bald und geht die weiteren Differencirungen in seinem Innern ein.

Die von mir untersuchten Phallusia-Eier, das sei noch erwähnt, waren, etwa 3½ Stunden nach vollzogener Vermischung der Geschlechtsproducte, meist 8-zellig, etwa eine Stunde später meist 16-zellig, wonach ich die weitere Beobachtung in allen Fällen einstellte.

Für die Entscheidung der Frage, ob auch freie Zellbildung im Thierreich vorkommt, fehlen mir die eigentlichen Anknüpfungspunkte. Nur die Angaben über die Entstehung der Keimhaut an den Insecteneiern liessen sich für dieselbe anführen.

So giebt Weissmann[1]) an, bei *Chironomus* verdicke sich »das Keimhautblastem am ganzen Umfang des Dotters gleichmässig, bis es eine auch gegen den Dotter hin scharf abgegrenzte Schicht darstellt.« »Es erscheinen sodann in dem Keimhautblastem in gleichen Abständen von einander und an allen Stellen zu gleicher Zeit helle, runde Flecken, welche sich schon nach wenigen Augenblicken als scharfcontourirte, kuglige Bläschen von 0,0068 Mm. Durchmesser erkennen lassen.« »Bald erhebt sich nun die früher der Eihaut glatt anliegende Blastemschicht zu einer Menge kleiner Kugelabschnitte, deren jeder einen Kern zum Centrum hat.«

Eingehender noch wird derselbe Vorgang von Kowalevsky[2]) für *Apis mellifica* beschrieben. »Am oberen Ende des Eies.« heisst es dort, »bilden sich anfangs sehr schwache, aber schnell wachsende Erhebungen, welche aus grossen Kernen mit dem sie

[1]) Die Entwicklung der Dipteren 1864 p. 6.

[2]) Mém. d. l'Acad. imp. d. sc. de St. Petersb. VII Sér. Tome XVI, 1871 Nr. 12, p. 45.

umgebenden Protoplasma bestehen. Diese ersten Blastodermzellen standen auf ½ oder ⅔ ihres Durchschnitts von einander ab; an ihren unteren Grenzen verlieren sie sich in dem Dotter. . .« »Die Zwischenräume der Zellen, welche anfangs zu beobachten waren, füllen sich allmälig durch Auswachsen von neuen Zellen, die ganz auf dieselbe Weise wie die ersten erscheinen, und so bildet sich ein vollständiges Blastoderm, das aus schönen, langen cylindrischen Zellen besteht.«

Wir haben es in diesen Fällen jedenfalls mit einer Verkürzung der ontogenetischen Entwicklung zu thun, wie wir sie für ähnliche Vorgänge im Pflanzenreich wahrscheinlich zu machen suchten.[1])

In einer Abhandlung über die Regeneration des Plattenepithels giebt Klebs an,[2]) dass »die Kerne der an der Regeneration betheiligten Epithelzellen zerfallen, . . . während neue Kerne in dem contractilen Protoplasma entstehen . . . durch Auseinanderweichen und strahlige Anordnung der Protoplasmakörner um ein sich aufhellendes, ellipsoides Centrum.«[3])

Vielleicht kommen somit der freien Zellbildung analoge Vorgänge bei Regenerationserscheinungen in thierischen Geweben vor. Wie dem auch sei, interessant ist, dass auch an diesen Orten die radiale Anordnung der Protoplasmatheilchen um sich bildende Zellkerne festgestellt wurde.[4])

---

[1]) Kupfer lässt auch die Testazellen am Ei der Ascidien durch freie Zellbildung entstehen (Archiv f. mikr. Anat. Bd. VI, p. 123), was aber von Kowalevsky auf das Bestimmteste in Abrede gestellt wird (Archiv f. mikr. Anat. Bd. VII, p. 104).

[2]) Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie Bd. III, Heft 2, p. 144 u. 153.

[3]) Vergl. auch das Bild l. c. Taf. 1, Fig. 7.

[4]) Vergl. über rudiäre Structur des Protoplasmas in den Furchungszellen der Fische auch noch Oellacher (Ber. d. nat. med. Ver. zu Innsbr. Bd. IV).

Dritter Theil.

Einige Bemerkungen über Zellbildung und Zelltheilung im Protistenreiche.

Hier muss ich mich in der That nur auf einige Andeutungen beschränken, besser in diesem Gebiete Bewanderten alles Weitere überlassend. Nur einige allgemeine Gesichtspunkte möchte ich versuchen hier zur Geltung zu bringen.

Wenn irgend wo im organischen Reiche, so wird es nämlich bei den Protisten sein, dass wir eine weitgehende Modification in den Bildungsvorgängen der Zellen werden zu erwarten haben. Nirgends nämlich haben die Bestandtheile der Zelle eine so weit gehende Veränderung erfahren als in einzelnen Abtheilungen für einzellig geltender Protisten. Diese Veränderungen müssen in der That weitgehende sein, wenn eine Einigung über viele dieser Organismen, ob einzellig ob mehrzellig, so schwer zu erreichen war, ja zum Theil sich noch nicht erreichen liess. Wo aber die einzelnen Bestandtheile der Zelle sich ganz neuen und speciellen Lebensfunctionen anpassten, da mögen sie auch ihre histologischen Charaktere so stark verändert haben, dass sie, an extremen Formen betrachtet, als ganz neue unvermittelte Eigenschaften der Zellen erscheinen mögen. Es muss überhaupt dahingestellt bleiben, ob es je gelingt, alle die extremen Formen hier auf eine gemeinsame Quelle zurückzuführen: sicher ist, dass in keinem Falle jetzt schon, den an stark modificirten Zellen gewonnenen Resultaten eine allgemeinere Bedeutung vindicirt werden darf, dieselben nicht ohne weiteres benutzt werden, um die Vorgänge in typischen pflanzlichen und thierischen Zellen zu deuten.

Ich habe hier nun zunächst die *Infusorien* im Sinne, die man jetzt geneigt ist, für einzellige Organismen zu halten, bei denen dann aber jedenfalls die einzelnen Theile der Zelle die

weitgehendsten Modificationen erfahren hätten, die überhaupt im ganzen organischen Reiche bekannt. Nun hat neuerdings R. Hertwig [1]) bei einer Gruppe der Infusorien, den *Acineten*, eine merkwürdige Knospung des Zellkerns beobachtet wie sie mir sonst an keinem andern Orte bekannt wurde. Dieser Zellkern ist an jungen Individuen der Podophrya gemmipara Hertw. hufeisenförmig, verzweigt sich dann aber mannichfaltig in älteren Zuständen. »Zahlreiche seitliche Knospen wachsen aus dem Nucleus senkrecht zur Längsrichtung desselben hervor. Indem dieselben sich dichotomisch verästeln, durchsetzen sie das ganze Körperparenchym in mannichfach gewundenem oder winklig geknicktem Verlauf. Für alle diese Kernknospen sind die kolbig angeschwollenen Enden charakteristisch, während die mittleren Theile sich nicht selten zu feinen durch Imbibition kaum nachweisbaren Fädchen ausziehen können.«[2]) Auf der ovalen Fläche des Körpers bilden sich an den zur Fortpflanzung sich anschickenden Individuen kleine, allmälig an Grösse zunehmende Protuberanzen. Die Protuberanzen werden von der Membran des Gesammtkörpers überspannt, das Protoplasma des letzteren geht unmittelbar in sie über. Sie liegen über den angeschwollenen Enden der Kernknospen, die alsbald in sie hineinwachsen: je eine Knospe in eine Protuberanz. Bei zunehmender Grösse der letzteren nehmen die Kernknospen in ihnen eine hufeisenförmige Gestalt an. Endlich löst sich der Verbindungsfaden, der von dem Endtheil der Kernknospe zu dem mütterlichen Kern führte, und bald beginnt die inzwischen zum reifen Schwärmen ausgebildete Protuberanz ihr individuelles Dasein.

Bei den echten Acineten werden die Schwärmer im Innern des Körpers gebildet, doch zeigt R. Hertwig [3]) für Acineta cucullus dass auch dort der Mutterzellkern knospenförmige Fortsätze treibt um deren Endanschwellung sich je eine Protoplasmakugel abschnürt.

Auf welche Weise diese Vorgänge der Knospung mit der

[1]) Inaugural-Dissertation Leipzig 1875.
[2]) l. c. p. 27 u. 28.
[3]) l. c. p. 52.

bekannten Zweitheilung der Infusorien in Zusammenhang zu bringen sind, muss ich dahingestellt sein lassen; allgemein wird eine spontane Halbirung des Zellkernes bei der Zweitheilung hier angenommen, freilich bleibt dabei noch unentschieden, was für feinere Vorgänge hinter dieser spontanen Halbirung verborgen sind. Denkbar ist es nun wohl, dass sich der Zellkern der Infusorien so wie derjenige typischer Zellen theilt [1]) und dass an den knospenbildenden Kernen der Acineten zum Mindesten jede Knospe sich von dem Hauptkörper des Kerns so löst, wie sonst die beiden durch Theilung aus einem Mutterzellkern hervorgehenden Schwesterkerne von einander.

Unter den einfachst gebauten Protisten dürfen wir hingegen auch die einfachsten Vorgänge bei der Theilung erwarten, vielleicht auch Uebereinstimmung mit den Vorgängen in Thier- und Pflanzenzellen.

Bei den kernlosen Amoeben tritt uns meist als einzige Vermehrungsart die Zweitheilung entgegen, jedenfalls (wenn wir von der generatio spontanea absehen, die hier nicht in Betracht kommen kann) die ursprünglichste Vermehrungsart der Zellen berhaupt.

Haeckel [2]) beschreibt eine Protamoeba primitiva aus völlig homogenem zähflüssigen Protoplasma gebildet, ohne irgend wie sichtbar zu machende Differencirung, selbst nicht in die einer dichteren äusseren und weicheren inneren Substanz. Einige Exemplare zeigten auch gar keine Körnchen im Innern, der ganze Körper war klar und hyalin, andere dagegen hatten eine grössere oder geringere Anzahl von farblosen, dunkeln, fettglänzenden Körnern aufzuweisen. Die Zweitheilung der Amoebe

[1]) Vergl. hier schon die Angaben von Bütschli über den spindelförmigen Körper, s. g. Samenkapsel, der aus dem Nucleolus gewisser Infusorien hervorgeht (l. c. p. 208) und der sich nach ihm so verhält, wie der sich theilende, spindelförmige Kernkörper von Cucullanus elegans (l. c. p. 211). Möglich also, dass bei der Zweitheilung der Kern sich hier doch in der für Thier- und Pflanzenzellen typischen Weise verhält.

[2]) Jenaische Zeitschrift Bd. IV p. 104; die Figuren Taf. III, 25—30.

beginnt mit einer Einschnürung, die zusehends tiefer wird und endlich bis zur völligen Trennung und Abrundung beider Körperhälften führt. Eine solche aus gleichmässiger Substanz bestehende Amoebe theilt sich nicht anders, als etwa die, aus gleichmässigem Protoplasma bestehenden Chlorophyllkörner vieler Pflanzenzellen; entsprechend etwa den Bildern in Hofmeister's Lehre von der Pflanzenzelle (p. 369) für die Chlorophyllkörner von Bryopsis plumosa, oder den Bildern im Lehrbuch von Sachs (p. 48, Fig. 45 B) für die Chlorophyllkörner von Funaria hygrometrica. Von hohem Interesse wäre es, die Theilung des Kerns in den, mit einem solchen ausgestatteten einfachsten Amoeben zu verfolgen. Bisher fehlen genaue Angaben über diesen Vorgang, der, so weit meine Erfahrungen reichen, meist sehr rasch verlaufen muss.[1])

[1]) Ganz ähnlich dürften sich auch die sich durch Theilung vermehrenden, nackten und mit Kern versehenen Schwärmer der Myxomyceten verhalten. Nach der Schilderung de Bary's wird die Bewegung des Schwärmers zunächst träger, der Schwärmer zieht sich zur Kugelform zusammen, seine Cilie, seine Vacuole und sein Kern verschwinden; hierauf soll in der Mitte eine ringförmige Einschnürung erscheinen, welche rasch tiefer wird, um den Körper nach wenigen Minuten in zwei kugelige Hälften zu theilen. Diese nehmen sofort wiederum die Eigenschaften beweglicher Schwärmer an (Handbuch p. 304, der Taf. Fig. 14). Es wird hier bei späterer Untersuchung auf das Verhalten des Kerns besonders zu achten sein.

Vierter Theil.

Allgemeine Ergebnisse und Betrachtungen.

Wir haben im ganzen Verlaufe dieser Untersuchungen uns nur mit der Bildung von Zellen aus schon vorhandenen zu beschäftigen gehabt, da die Entstehung der Zellen durch generatio spontanea, ausserhalb schon existirender Organismen, wenn überhaupt in der Jetztzeit bestehend, durchaus noch der directen Beobachtung unzugänglich bleibt. Die früheren Angaben über Bildung der Zellen zwischen den schon vorhandenen des mütterlichen Organismus sind aber durch spätere Forschung längst widerlegt worden.

Nirgends aber treten uns die bei der Entstehung der Zellen thätigen Vorgänge so klar entgegen wie bei der freien Zellbildung. Am instructivsten erschienen sie uns im Embryosack von Phaseolus. Wir sahen dort die Kerne als kleine Verdichtungen im Protoplasma auftreten und sich gleichzeitig mit einer hellen kugeligen Zone umgeben, deren Mittelpunkt sie bildeten. Die Zone war aber stets ziemlich scharf, durch eine etwas dichtere Schicht nach aussen umgrenzt. Sie wuchs in dem Maasse als der centrale Kern an Grösse zunahm, und, wichtig genug, diese kugeligen Zonen waren in den dichteren Theilen des Protoplasmas im Verhältniss zum Kern kleiner als in den minder dichten Theilen desselben. Auch zeigten alle die Kugel aufbauenden Theilchen eine radiale Lagerung. Diese Lagerung trat noch deutlicher hervor in den frei im Ei von Ephedra entstehenden Zellen, zu ihr gesellte sich meist noch eine auffällige Verdichtung des Zoneninhalts bei seiner Annäherung zum Kern.

Kurzum, alles das Angeführte drängt zu der Annahme, dass bei der freien Zellbildung Kräfte im Spiele sind, die, von einer

centralen Masse ausgehend, eine concentrische und radiale Gruppirung um dieselbe veranlassen. Wollte man sich diese Kräfte nach Art fernwirkender denken, so müsste weiter angenommen werden, dass sie anziehend wirken auf die meisten Molecüle des umgebenden Protoplasmas, doch abstossend auf einen geringeren Theil derselben, denjenigen zwar, welcher als Hautschicht die peripherische Abgrenzung der Kugel bildet. Letzteres wird besonders auffallend in solchen z. B. bei Phaseolus häufigen Fällen, in denen zwei oder mehr Kerne so nahe an einander entstanden sind, dass ihre Wirkungssphären in einander greifen. Da bildet sich nämlich stets auch innerhalb der Fläche der aufeinanderstossenden Sphären dieselbe Hautschicht aus, wie an ihrer freien Oberfläche. Sie verläuft stets senkrecht zu der idealen Verbindungslinie der Kerne, hält sich in der gleichen Entfernung von denselben, wenn beide gleich gross sind, näher den kleineren, wenn beide von verschiedener Grösse.

Welcher Art nun aber die Kräfte sind, die hier in Thätigkeit treten, darüber wage ich nicht einmal eine Hypothese aufzustellen. Man wird, wie wir noch aus dem Folgenden ersehen sollen, nur zu oft oft veranlasst an elektrische Wirkungen zu denken, doch fehlt mir noch jeder experimentelle Anknüpfungspunkt, um eine solche Annahme auch nur vermuthungsweise aussprechen zu dürfen.[1])

---

[1]) Den Schwann'schen Speculationen über die Entstehung der Zelle lagen noch zu lückenhafte, zum Theil unrichtige Beobachtungen zu Grunde. Schwann dachte sich die Kernkörperchen zuerst entstanden, sie sollten gleichsam aus einer concentrirten Flüssigkeit herauskrystallisiren. Die so auskrystallisirten Theilchen übten dann eine Anziehung auf die noch gelöste Substanz aus. (Mikroskopische Untersuchungen p. 207.) Es schlug sich daher eine Schicht feinkörniger Substanz auf das Kernkörperchen nieder, sie grenzte sich nach aussen ab und bildete so den Zellkern. Dieser wuchs durch Intussusception, wenn gleichmässig, so blieb er solid, wenn ungleichmässig, wurde er hohl (l. c. p. 207). Die Zelle bildete sich durch Niederschlag einer vom Cytoblasten verschiedenen Substanz an seiner Oberfläche und grenzte sich durch fortgesetzte Ablagerung neuer Molecüle erst nach aussen ab. Die Membran sollte durch weitere Ablagerung entstehen, durch Intussusception wachsen und sich vom Zellkern entfernen. (p. 208.)

Die radiale Anordnung der Protoplasmamasse um den Zellkern spricht andererseits für eine Polarität der Protoplasmamolecüle; eine Annahme, die sich sehr wohl mit der Naegeli'schen Hypothese von der Molecularstructur organisirter Substanzen vereinigen lässt. — Bekanntlich ist Naegeli auf Grund zahlreicher Untersuchungen zu der Annahme gelangt, dass diese Substanzen aus krystallisirten, doppelbrechenden Molecülen bestehen, die lose, aber in bestimmter regelmässiger Anordnung, neben einander liegen und im imbibirten Zustande der Substanz von Wasserhüllen umgeben sind.[1]) — Der Kern aber, der eine solche Wirkung auf das ihn umgebende Protoplasma ausübt, scheint etwas anderer Natur als dasselbe zu sein.

Die Beobachtungen über die merkwürdige Art der Neubildung der Kerne in thierischen Eiern nach erfolgter Befruchtung dürften geeignet sein, einiges Licht über seine Natur zu verbreiten. Ich schicke voraus, dass diese Erfahrungen an thierischen Eiern sehr wohl mit anderen, bei der Theilung pflanzlicher Zellen gemachten, von denen alsbald die Rede sein soll, in übereinstimmenden Zusammenhang zu bringen sind.

Wie wir gesehen, wird der Kern des befruchteten Ascidieneies aus der Hautschicht desselben angelegt. Diese Hautschicht verdickt sich zunächst an unbestimmten Stellen; in der angesammelten homogenen, glashellen Hautschichtmasse tritt aber alsbald eine Spaltung ein, und der innere Theil derselben beginnt sich sichtlich von dem als Hautschicht an ursprünglicher Stelle zurückbleibenden abzustossen. So fängt die Wanderung eines Theiles der peripherischen Hautschichtmasse nach dem Innern des Eies an, und zwar mit einer von der Peripherie nach dem Innern zu abnehmenden Geschwindigkeit. Wie schon früher beschrieben wurde, nimmt das körnige Protoplasma des Eiinnern sofort radiale Anordnuug im Verhältniss zu dieser Masse an, welche ihrerseits alsbald sich abrundet und schliesslich eine centrale Lage im Ei einnimmt. In dieser centralen Lage möchte

[1]) Das Weitere hierüber bei Naegeli im Sitzb. d. k. bayer. Akad. d. Wiss. 8. März 1862 p. 203.

man eine Gleichgewichtslage im Verhältniss zu der ganzen peripherischen Hautschicht vermuthen, wie dann auch die den Kern umgebenden radialen Strahlen des körnigen Protoplasmas allseitig die Hautschicht erreichen.

Wie im speciellen Theile auch schon hervorgehoben wurde, und was jedenfalls sehr bestimmt für obige Auffassung des Vorgangs spricht, ist der Umstand, dass in anderen Eiern, unter ähnlichen Verhältnissen, die Hautschichtmasse sich an mehreren Orten der Peripherie ansammelt, dass diese Massen sich alsbald auch gegen die zurückbleibende Hautschicht abzustossen beginnen, alle, wohl aus demselben Grunde, nach dem Innern des Eies wandernd, sich (vornehmlich in kugeligen Eiern) mehr oder weniger im Centrum desselben begegnen und verschmelzend hier einen einzigen Zellkern bilden.

Es wird nach alledem eine stoffliche Uebereinstimmung zwischen Zellkern und Hautschicht sehr nahe gelegt; andererseits scheint hingegen zwischen Hautschicht und Körnerschicht des Protoplasmas ein grösserer Gegensatz zu bestehen, als man für gewöhnlich anzunehmen geneigt ist.

Der Zellkern braucht selbstverständlich nur so lange seine centrale Lage in der Zelle einzunehmen, als er thätig bleibt, wie wir denn auch bei der freien Zellbildung in Pflanzenzellen denselben zunächst in centraler Lage angetroffen haben, nach vollendeter Zellbildung aber in parietaler. Uebrigens scheinen in thierischen Eiern auch Fälle vorzukommen, wo, bei vermuthlicher Anlage des Zellkerns an der Hautschicht, die Abstossungskraft desselben von der Peripherie nicht gross genug ist, um ihn bis zur Mitte der Zelle zu führen, eventuell anderweitige Hindernisse ihn in seiner Wanderung aufhalten. So scheint z. B. im Ei der Unke der Zellkern constant eine excentrische Lage zu haben.

Die Function der Zellkerne wird uns aber in anschaulichster Weise bei der Zelltheilung vorgeführt, die wir in übereinstimmender Weise sich in Thierzellen und in den typischen Pflanzenzellen haben abspielen sehen. Der Zellkern vergrössert sich zu-

nächst, dann bildet sich ein Gegensatz zwischen zwei opponirten Stellen seiner Oberfläche aus. Dieselben flachen sich ab, treten in Wechselwirkung und beginnen sich abzustossen, so zwar, dass der ganze Zellkern in die Länge gezogen wird und spindelförmige Gestalt erhält. Die Substanztheilchen seiner Masse nehmen eine senkrechte Lagerung zu diesen beiden Polen an, was zur Folge hat, dass der ganze Zellkern in seinem Innern streifig differencirt erscheint und dass die Streifen in continuirlichen Linien von einem Pole zum andern verlaufen, um so stärkere Curven beschreibend, je mehr sie sich von einer idealen, die Mittelpunkte der beiden Pole verbindenden Linie seitlich entfernen. Eine von den beiden Polen abgestossene Substanz sammelt sich zu einer Platte im Aequator der Fäden an. Diese Kernplatte ist selten continuirlich, besteht vielmehr meist aus einer Schicht getrennter Stäbchen oder Körner. Diese Veränderungen im Innern des Zellkernes haben auch eine Veränderung in der Lagerung der denselben umgebenden Strahlen des körnigen Protoplasmas zur Folge, wie das an thierischen Eiern besonders deutlich zu sehen war. Die ursprüngliche Anordnung schwindet, während eine neue radial zu den neuen Polen des Zellkerns sich geltend zu machen beginnt.

Wir haben bei den Ascidieneiern auch gesehen, dass, während die innern Vorgänge im Zellkern sich abspielen, die Gestalt des ganzen Eies unverändert bleibt.

Wie wir aber weiterhin beobachtet, vollzieht sich die Trennung der beiden Kernhälften innerhalb der Kernplatte, die sich gleichsam spaltet, so zwar: dass ihre zu einander parallelen Seitenflächen auseinanderzuweichen beginnen, während ein medianer Theil der Platte zu fadenförmigen Strängen ausgedehnt wird. Es ist, als wenn unter dem Einfluss der beiden Pole, auch der Kernplatte eine Polarität inducirt würde und nun ihre beiden Seitenflächen sich von einander abstossen möchten.

An den Ascidieneiern war wiederum schön zu verfolgen, wie bei fortschreitender Ausbildung der beiden neuen Kerne ihre Wirkungssphäre zunahm, die sie umgebenden Strahlen eine immer grösser werdende Ausdehnung gewannen. Höchst wichtig war es uns, an diesen typischen Objecten, an welchen, durch keinerlei Umstände

gehindert, alle Vorgänge sich so rein abspielen können, festzustellen: dass die Gestalt der ganzen Zelle erst dann durch die Vorgänge in ihrem Innern beeinflusst wurde, wenn die Kernstrahlen die Peripherie der Zelle erreichten, andererseits in der Aequatorialebene derselben aufeinander zu stossen begannen. Da trat zunächst eine merkliche Verlängerung der ganzen Eizelle ein; aus der kugeligen ging sie in die ellipsoide Gestalt über. Dann hatte das Bestreben jeder der beiden Hälften, sich kugelig abzurunden, eine Einschnürung in der Aequatorialebene zur Folge, die alsbald bis zur völligen Trennung der beiden Schwesterzellen sich ergänzte. Bei rein medianer Lage der Kerne sieht man hier die Einschnürung gleichmässig im ganzen Umfange fortschreiten; im Ei der Unke hingegen, mit excentrisch gelegenen Kernen, schreitet, nach den Abbildungen von Goette (l. c. Taf. II., Fig. 20—23, p. 81.) zu urtheilen, die Einschnürung einseitig fort, und zwar beginnt sie an der, den Kernen näher gelegenen Seite und dringt von dieser bis zur entgegengesetzten vor.

So typisch und durchsichtig als wie an thierischen Eiern tritt uns der ganze Process freilich selten entgegen, namentlich auch nicht an den pflanzlichen Zellen, die von Cellusemembranen umgeben sind. Nichts desto weniger deutet die Uebereinstimmung der einzelnen Entwicklungsmomente auch auf eine Uebereinstimmung des ganzen Vorgangs hin.

Die Fäden, die aus dem medianen Theile der Kernplatte hervorgehen, habe ich Kernfäden genannt. Die Kernplatte wird in ihrer Bildung mehr oder weniger aufgebraucht. In den thierischen Zellen werden sie in nur geringer, in den pflanzlichen Zellen meist in grösserer Anzahl erzeugt. In den thierischen Zellen divergiren diese Kernfäden seitlich auch nur wenig und werden bald unkenntlich, in den pflanzlichen Zellen bleiben sie hingegen längere Zeit erhalten und entsteht in ihnen die Hautschichtplatte, in welcher die Trennung der Schwesterzellen später vor sich geht. Man sieht zu diesem Zwecke die Kernfäden in der Aequatorialebene anschwellen und alsbald die angeschwollenen Stellen zu einer zusammenhängenden Platte sich vereinigen. Diese Platte, die als Hautschicht besteht, habe ich als Zellplatte be-

zeichnet. Die Veranlassung zu einer aequatorialen Ansammlung des Hautschichtstoffes innerhalb der Kernfäden geht wohl auch von den Kernen aus und wird dann jedenfalls durch ähnliche Gründe wie die Bildung der Kernplatte, zwischen den beiden Polen des sich zur Theilung anschickenden Zellkerns, veranlasst. Besonders auffallend wird diess, wenn, wie zwischen den Schwesterkernen in der Embryonalanlage des Abietineeneies, es bis zur Abstossung des ganzen Kernfadencomplexes, von den beiden Zellkernen aus, kommt. Auch stossen sich die Kernfäden noch seitlich von einander ab, was zu einer möglichst weiten Ausbreitung des ganzen Complexes in der Aequatorialebene desselben führt. Diese Verwerthung der Kernfäden zur Bildung der Zellplatte scheint eine speciell pflanzliche Anpassung zu sein, vielleicht durch den Umstand veranlasst, dass die beiden, von einer eng anschliessenden Cellulosemembran umgebenen Zellen sich nicht, unter dem Einfluss ihrer Zellkerne, direct von einander trennen können. In der Hautschichtplatte sehen wir aber alsbald, wohl aus ähnlicher Veranlassung wie in der Kernplatte, eine Spaltung erfolgen. Ihre beiden Hälften rücken jedoch nicht auseinander, scheiden vielmehr sofort Cellulose in die Spaltungsfläche aus, was vielleicht eben auch ihre weitere Abstossung verhindert. Die Cellulose erhärtet hier zu einer alsbald zusammenhängenden, homogenen und einfachen Membran, welche mit ihrem Rande an die innerste Schicht der Mutterzellwand ansetzt. Es wird die Ansammlung von Hautschicht, wie die Celluloseausscheidung, ausschliesslich auf die Trennungsflächen der beiden Schwesterzellen beschränkt.

Der Umstand, dass die Hautschichtplatte aus den, der Kernplatte entstammenden Fäden hervorgeht, spricht aber wiederum ganz entschieden für die Stoffverwandtschaft von Hautschicht und Kern.

Freilich ist gleich noch hinzuzufügen, dass, wo die Kernfäden nicht ausreichen, die fehlenden Stücke der Hautschichtplatte sich auch unmittelbar im körnigen Protoplasma bilden und so die Kernfädenplatte ergänzen können. Da hat sich jedenfalls im körnigen Protoplasma vertheilte Hautschichtmasse, unter

dem Einfluss der beiden diese Masse abstossenden Schwesterkerne, angesammelt. Die Ursache aber, warum in den, in Frage stehenden, Pflanzenzellen nur eben in dieser Fläche Hautschichtstoff sich ansammelt, könnte vielleicht in der sehr allgemein verbreiteten Erscheinung zu suchen sein, dass die beiden Schwesterkerne bis über die Mitte der neu zu bildenden Schwesterzellen hinausrücken, die zukünftige Trennungsfläche beider Zellen also jedenfalls die von beiden Kernen entferntesten Punkte in sich schliesst, in welchen also vorwiegend die von den Kernen abgestossenen Elemente sich ansammeln werden.

Durch die Art, wie in pflanzlichen Zellen die Hautschichtmasse in der zukünftigen Trennungsfläche vorgebildet erscheint, wird jedenfalls auch ein für alle Mal der Vergleich der Hautschicht mit der an der Oberfläche von Flüssigkeiten durch Oberflächenspannung entstehenden dichteren Schicht ausgeschlossen.

Ebenfalls wird durch die gleiche Beobachtung die s. g. Einschnürungstheorie beseitigt, nach der die vorhandene peripherische Hautschicht sich in das Innere der Zelle hineinfalten sollte.

Auch für die thierischen Zellen trifft die Faltungstheorie nicht zu, denn wenn in diesen auch keine so scharf ausgeprägte Zellplatte gebildet wird, so sammelt sich doch oft deutlich in der Aequatorialebene der Mutterzelle, in welcher die von den Schwesterkernen ausgehenden Strahlen aufeinanderstossen, die, jedenfalls auch von beiden Zellkernen abgestossene Hautschichtmasse an und dient hier, bei erfolgter Trennung, zur Abgrenzung der Peripherie.

Diese Vorgänge der typischen Zelltheilung, wie sie namentlich in reinster Form uns in thierischen Eizellen entgegentraten, erlauben ohne weiteres die Parallelisirung der Zelltheilung mit der freien Zellbildung. In beiden sehen wir die Zellkerne in derselben Weise wirken, in der gleichen Weise die Zellbildung beherrschen, und der einzige Unterschied bleibt nur in der Entstehung der Kerne selbst bestehen, die bei der freien Zellbildung

neu gebildet werden, bei der Zelltheilung aus der Theilung eines schon vorhandenen Zellkerns hervorgehen. Die einmal individualisirte Attractionsmasse wird eben bei dieser einfachsten Form der Zellvermehrung durch Zweitheilung, nicht erst wieder in der Zellmasse vertheilt, um sich an den neuen Orten ihrer Wirksamkeit zu sammeln, vielmehr durch gegenseitige Abstossung der in Gegensatz tretenden beiden Zellkernhälften sofort in ihrer ganzen Masse an diese Orte gebracht.

Wir sahen aber nie, so weit sich unsere Erfahrungen auch ausdehnen, einen Zellkern in mehr als zwei Hälften gleichzeitig sich theilen; auch waren die beiden Zellkernhälften, wie ungleich in abgeleiteten Fällen auch das Volumen der entstehenden Tochterzellen sein mochte, nie selbst ungleich in ihrer Grösse.

Wir haben die Vorgänge der Zelltheilung in den entscheidenden Momenten in Thier- und Pflanzenzellen übereinstimmend gefunden und können daraus den Schluss ziehen, dass diese die Zellbildung beherrschenden Momente überhaupt der organischen Zelle gemeinsam sind. Darf aber aus dieser Uebereinstimmung allein schon auf die Homologie der Thier- und Pflanzenzelle geschlossen werden, ja in weiterer Folgerung auf einen gemeinsamen Ursprung des Thier- und Pflanzenreichs?

Es spricht wohl Manches für eine solche Auffassung, lässt sich aber sofort auch derselben entgegen unsere völlige Unkenntniss der molecularen Vorgänge im Innern der Zellen geltend machen.

Fassen wir nämlich die einzelnen Momente im Vorgang der Zellbildung und Zelltheilung, wie sie uns in Thier- und Pflanzenzellen zunächst zur Anschauung gekommen, als so viele isolirte mechanische Momente auf und lassen wir dieselben, nur gleichsam zufällig, in dieser und nicht in anderer Folge, durch die summirende Kraft der Erblichkeit verbunden sein, so müssten wir in der That in der Uebereinstimmung dieser Aufeinanderfolge auch einen Beweis für den directen Zusammenhang beider Reiche erblicken. Allein, unserer geringen Einsicht in solche Molucularvorgänge wegen, können wir eben a priori nicht die Möglichkeit bestreiten, dass diese Aufeinanderfolge nicht eine unmittelbar mechanisch bedingte sei. Für eine solche An-

nahme fehlen zwar in der heutigen Physik die Anknüpfungspunkte; angenommen trotzdem, auf Grund negativer Instanzen, ihre Möglichkeit, so ist es klar, dass dann die Uebereinstimmung dieser Aufeinanderfolge auch nicht mehr als Beweis für den directen Zusammenhang der Objecte, für welche sie zutrifft, angeführt werden darf.

Nun könnte freilich noch bemerkt werden, dass wir Theilungsvorgänge kennen, die ohne Vorhandensein individualisirter Attractionsmassen vor sich gehen, dass diese jedenfalls die ursprünglichsten sind, diese also auch allein nur die ursprüngliche Deutung sich selbst mechanisch bedingender Entwicklungsvorgänge beanspruchen könnten; dass der Zellkern hingegen eine spätere Anpassung innerhalb des Zelltheilungsvorganges repräsentire und jedenfalls nur als erblich fixirt anzusehen sei. Die Uebereinstimmung in dem Verhalten auch dieses, nachträglich in den Vorgang eingeschobenen Zellkernes, spräche somit immer noch für den directen Zusammenhang der Thier- und Pflanzenzellen. Diese Schlussfolgerung könnte, denke ich, einige Berechtigung beanspruchen, um so mehr, wenn wir dann weiter bedenken, dass es auch so und so viele weitgehende Modificationen des Zelltheilungsvorgangs mit Zellkern giebt, die keine unmittelbare Entstehung mehr zulassen, vielmehr nur als Summirung nach einander erworbener Veränderungen sich begreifen lassen. Letztere Modificationen beweisen aber, dass wirklich auch die Sphäre der Zelltheilung modificirenden Einflüssen, die nachträglich erblich fixirt wurden, unterlag.

Ob aber die Individualisirung einer centralen Attractionsmasse, als durch die Vorgänge selbst geboten, nicht wiederholt unabhängig vor sich gehen konnte, und ob ihre Individualisirung nicht auch unmittelbar ihr weiteres Verhalten bei der Theilung bestimmte, muss ich dahingestellt sein lassen. Jedenfalls würde aber von der Entscheidung der letzten Fragen es wiederum abhängen, ob auf die Uebereinstimmung im Bau der Zellkerne und in ihrem Verhalten bei der Theilung eine Homologie der Vorgänge in beiden Reichen zu basiren sei; wobei endlich noch allen Fragen über Zelltheilung diejenigen vorausgeschickt wer-

den müssten, ob denn nicht überhaupt schon das Vorhandensein der Zellen als übereinstimmender Elementarorgane in beiden Reichen auf gemeinsame Vererbung hinweise, oder ob dann diese Uebereinstimmung auch unmittelbar bedingt sei.

Wir stehen da leider vor Fragen, deren positive Beantwortung kaum in nächster Zukunft zu erwarten ist, und die ich hier auch nur angedeutet haben wollte.

Wir haben vorhin als typische Pflanzenzellen solche nur ins Auge gefasst, bei welchen das ganze Zellinnere von körnigem Protoplasma erfüllt ist und der centrale Zellkern in diesem Protoplasma eingebettet liegt. Auf solche Zellen bezog sich zunächst der geschilderte Theilungsvorgang.

Allein wie viele andere noch theilungsfähige Pflanzenzellen treten uns nicht mit einem Flüssigkeit führenden Zelllumen, wie viele andere nicht mit parietalem Zellkern entgegen. Bei wie vielen Pflanzenzellen sind andererseits nicht die Theilungsproducte verschiedener Grösse, verschiedenen Inhalts oder sonst mannichfach gegen einander verändert! Wir haben trotzdem früher im Texte versucht, alle diese Vorgänge auf einen gemeinsamen Ursprung zurückzuführen, und halten auch jetzt diese Auffassung aufrecht, indem wir noch hinzufügen, dass wir in dem vorhin geschilderten Theilungsvorgange den Ausgangspunkt für alle diejenigen anderen, die bei Anwesenheit eines Zellkerns erfolgen, erblicken möchten.

Die am nächsten dem typischen Vorgange stehende Abweichung ist diejenige, wo, in den noch theilungsfähigen Zellen, der Zellkern, durch ein mit Zellflüssigkeit erfülltes Zelllumen, von der Hautschicht und der an ihr angesammelten Körnerschicht des Protoplasmas getrennt ist, nur durch Fäden mit letzterem zusammenhängt, während die Thätigkeit der einzelnen Theile der Zelle bei der Theilung sich ziemlich unverändert erhalten hat.

Hier pflegt nach vollendeter Theilung des Zellkerns eine sehr starke polare Abflachung und dem entsprechende aequatoriale Ausbreitung der Kernfädencomplexes stattzufinden, so dass möglichst viel von dem Querschnitt der Mutterzelle, in dem die

Theilung erfolgen soll, von der in den Kernfäden entstehenden Zellplatte überspannt wird; das fehlende Stück an den Rändern dieser Zellplatte wird aber von dem Wandprotoplasma der Zelle aus, durch die Zellflüssigkeit hindurch, ergänzt. (Beispiel: Theilung im Endosperm von Phaseolus etc.) Die letztere Ergänzung kann aber nicht simultan, sondern nur succedan erfolgen, sie schreitet ringleistenförmig von der Wand der Zelle nach dem Innern fort. An der Hautschicht der Zelle bildet sich im ganzen Umkreis eine schwache Verdickung aus Hautschichtstoff, auf der inneren Seite derselben sammelt sich etwas Körnerschichtstoff an, oft auch nachweisbar kleine Stärkekörner; dann erfolgt eine Spaltung des angesammelten Hautschichtringes und Ausscheidung von Zellstoff in die Spalte. Während dieses geschieht, hat sich an der inneren Kante der Verdickungsleiste, aus Hautschichtstoff, aber weiterer solcher Stoff angesammelt, auch dieser kommt bald zur Spaltung und so ohne Unterbrechung weiter, bis der Rand der in den Kernfäden erzeugten Zellplatte erreicht ist. Die Ergänzung der Zellplatte, von der Zellwand aus, erfolgte also succedan und entsprechend auch konnte die Cellulosemembran als eine, an die Cellulosewand der Mutterzelle ansetzende, ringförmige, an ihrer innern Kante fortwachsende Leiste verfolgt werden. Sobald nun aber die innere Zellplatte erreicht ist, so wird der ganze Rest der Cellulosemembran simultan ergänzt. So zerfällt hier also der Vorgang der Zellplattenbildung und die damit verbundene Erzeugung der Cellulosemembran in zwei Abschnitte: einen simultanen und einen succedanen. Der erste ist der ursprüngliche; der zweite hingegen, eine neu hinzugekommene Anpassung an die Verhältnisse des Zelllumens, nicht mehr unmittelbar mechanisch aus der Wirkung der Zellkerne zu erklären, vielmehr aus früheren simultanen Differencirungsverhältnissen, die unter dem Einfluss des Zellkerns entstanden, vererbt und durch später hinzugekommene Einflüsse modificirt wurden.

Der Vorgang kann dem eben geschilderten im Wesentlichen gleich bleiben, auch wenn der Zellkern, statt in der Mitte der Zelle suspendirt zu sein, an der Wand derselben gelagert

ist. Dann wird derselbe von dem entgegengesetzten Wandprotoplasma durch das ganze Zelllumen getrennt und muss von hier aus die succedane Ergänzung erfolgen. (Ebenfalls bei der Theilung im Endosperm von Phaseolus zu sehen.)

Nun ist aber in vielen Fällen der succedane Theil der Theilungserscheinung durch weitere Anpassung noch mehr ausgedehnt und schliesslich zu einem die ganze Theilung beherrschenden geworden. In dem Maasse als diess geschah, musste gleichzeitig die Bedeutung des Zellkerns für den Theilungsvorgang sinken.

Von diesem Standpunkte aus kann uns überhaupt erst der Theilungsvorgang in den Zellen von Spirogyra orthospira verständlich werden. Der centrale, auf feinen Fäden im grossen Zelllumen suspendirte Zellkern theilt sich zwar in gewohnter Weise; die beiden Kernplattenhälften spannen auch auseinanderweichend die Kernfäden an, doch in diesen wird nur noch, wenn überhaupt, ein Rudiment der Zellplatte (vergl. meine Figuren 18—23, Taf. III) gebildet, das gar nicht mehr zur Verwendung kommt und bald mit dem Einziehen der inneren Kernfäden überhaupt schwindet. Nur die äusseren, aus der Spaltung der Peripherie des Mutterzellkerns zwischen den beiden Tochterkernanlagen gebildeten Fäden bleiben längere Zeit erhalten, sie dienen schliesslich aber nur zur Suspension des Zellkerns und zur Ableitung der bei der Bildung der Querwand überschüssig zurückgebliebenen körnigen Stoffen. Die fortschreitende Zellplattenbildung und gleichzeitige Ausscheidung der Cellulosemembran in ringförmiger Gestalt, von der Peripherie nach dem Innern fortschreitend, hat aber das ganze Geschäft der Theilung hier übernommen. Diese Zellplattenbildung beginnt schon zu einer Zeit, wo die Kernplatte kaum angelegt worden, und zeigt also auch in dieser Beziehung ihre Unabhängigkeit vom Zellkern. Eine Art centraler Platte wird auch bei Spirogyra orthospira im letzten Augenblicke gebildet, doch von ganz anderem Ursprung. Der inneren Kante der ringförmigen Zellplattenleiste schreitet hier nämlich eine ziemlich bedeutende Ansammlung von körnigem Protoplasma in Gestalt eines Ringes voran. Haben sich nun die innern Ränder dieser Leiste bedeutend genähert, so verschmilzt

der Ring aus Körnern zu einer Körnerscheibe, in der nun wohl auch der kleine Rest der fehlenden Zellplatte simultan ergänzt werden kann. Der unbenutzte Rest des körnigen Protoplasmas wird dann, auf den anstossenden Kernfäden, nach den Kernen zu fortgeführt. Bei Abschluss der Scheidewandbildung nehmen die Tochterzellkerne durchaus noch nicht die Mitte ihrer resp. Zellen ein und rücken erst langsam in dieselbe.

Die Ansammlung der Hautschichtmasse und die Ausscheidung der Cellulose wird auch bei Spirogyra orthospira und in allen andern abgeleiteten Fällen, wo beide Vorgänge von aussen nach innen fortschreiten, nur auf die Trennungsfläche der beiden Schwesterzellen beschränkt. Auch hier erhalten wir schliesslich eine einfache, zusammenhängende Cellulosemembran, welche mit ihrem Rande an die innerste Verdickungsschicht der Mutterzellwand anschliesst, und zu ihren beiden Seiten je eine neue Hautschicht. Von einer Einfaltung der Hautschicht oder Cellulosemembran der Mutterzelle zum Zwecke der Theilung kann in keinem Falle die Rede sein.

Aus der gegebenen Deutung des Vorgangs bei Spirogyra geht nun wohl zur Genüge hervor, wie irrig es war, ihn als Ausgangspunkt für die Betrachtung der Zelltheilungsvorgänge zu wählen, und wie wenig es nun auch gerechtfertigt wäre, aus dem Verhalten des fast rudimentär hier gewordenen Kernes auf dessen Function überhaupt zu schliessen.

Allein in vieler anderer Beziehung wird doch Spirogyra orthospira stets höchst instructiv bleiben, weil sie so leicht wie fast kein anderes Object die noch typisch erhaltene Theilungsart des Zellkerns zeigt, dann in vorzüglichster Art die inneren Vorgänge uns vorführt, welche die Anlage und das Wachsthum der Zellwand begleiten.

Ebenso rudimentär wie bei Spirogyra orthospira erscheint die Thätigkeit des Zellkerns auch bei den mit Zelllumen versehenen Zellen von Ulothrix, wo der Zellkern dazu noch wandständig geworden ist.

In den Zellen von Oedogonium finden wir unter den gleichen Verhältnissen auch einen wandständigen Zellkern; das Zellprotoplasma sammelt sich aber zur Theilungszeit in dem einen Ende der

Zelle an und füllt dasselbe vollständig aus, so dass die Theilung innerhalb eines von Protoplasma erfüllten Querschnittes vor sich geht. Dem entsprechend entsteht die Zellplatte auch wieder simultan und nicht succedan, doch ohne Einfluss des Zellkerns, der in wandständiger Lage sich theilt. Der Inhalt, der sich hier im oberen Ende der Mutterzelle angesammelt, bewirkt ausserdem eine Theilung derselben in zwei ungleiche Theile, so zwar, dass die vordere, inhaltsreichere Schwesterzelle kleiner als die hintere, inhaltsärmere, ausfällt. Endlich wird der stark abgeleitete Vorgang noch dadurch complicirt, dass die Mutterzellhaut, vor Beginn der Theilung, eine ringförmige Verdickung aus halbweichem Zellhautstoff erhält, der bestimmt ist, die obere der beiden Schwesterzellen mit einer Cellulosemembran zn versehen.

Diese letzterwähnten Fälle, in denen wir den Zellkern fast rudimentär schon fanden, führen uns ganz unmittelbar zu solchen, wo er, als überflüssig geworden, völlig aus der Entwicklung geschwunden ist.

So möchte ich nämlich den Fall der Cladophora deuten, die in der Theilung ihres Zellprotoplasmas und in der Bildungsart ihrer Cellulosewand die grösste Uebereinstimmung mit Spirogyra zeigt, nur dass sie keinen Zellkern aufzuweisen hat.

Um zu entscheiden, ob bei den Siphoneen, Saprolegnien und im Allgemeinen bei den Pilzen der Zellkern erst aus der Entwicklung wie bei Cladophora schwand oder überhaupt nie vorhanden war, hierfür fehlen die phylogenetischen Anknüpfungspunkte. Dass hier und dort bei den Pilzen in den generativen Theilen Zellkerne gefunden werden, könnte eben so gut als eine fortschreitende Erscheinung gedeutet werden, als auch für ein Rückstand aus früheren Zeiten. Der Vorgang der Theilung, wie er uns bei Bildung der Sporangien von Saprolegnia entgegentrat, ist sicher auch ein abgeleiteter, nur fragt es sich, ob er auf Vorgänge mit ursprünglichem Zellkern, oder auf solche ohne individualisirte Attractionscentra, von denen später die Rede sein soll, zurückzuführen sei.

Dass uns aber gerade bei ein- oder wenigzelligen Organismen solche weitgehende Abweichungen von typischen Vorgängen am

häufigsten entgegentreten, liegt, wie wir das früher schon bei den Protisten hervorgehoben, wohl in dem Umstande begründet, dass bei denselben die einzelne Zelle sich sehr mannichfachen Functionen angepasst hat und daher auch in ihren histologischen Merkmalen stark sich modificiren musste.

Ich habe schon früher im speciellen Theile nachzuweisen gesucht, dass auch die oft so merkwürdigen Theilungsvorgänge bei Bildung der Spaltöffnungsmutterzellen und Wandzellen der Farnantheridien sich von der typischen Zweitheilung ableiten lassen. Dass freilich ein solcher Theilungsvorgang, wie er uns in der Ringtheilung der Aneimia entgegentritt, kein ursprünglicher mehr sein kann und nur mit Hilfe, durch Erblichkeit summirter Abweichungen sich begreifen lässt, wird wohl ein Jeder zugeben, der den betreffenden Abschnitt dieses Buches verglichen haben wird. Höchst wichtig ist es jedenfalls, dass es auch bei diesem abweichendsten aller Theilungsacte gelingen konnte, die Fühlung mit den typischen Vorgängen noch zu gewinnen.

Dasselbe gelingt auch meist bei den Vorgängen der Sprossung und Abschnürung, worauf ebenfalls schon hingewiesen wurde.

Es fragt sich nun aber, wie sich diejenigen Vorgänge gegenüber den typischen der Zweitheilung verhalten, bei welchen der alte Mutterzellkern zur Seite gedrängt und schliesslich aufgelöst wird, während das Geschäft der Theilung von einer neben ihm sich individualisirender Attractionsmasse übernommen wird. Wir haben diesen Vorgang in den Mutterzellen der Sporen von Anthoceros und den Mutterzellen der Makrosporen von Isoëtes Durieui verfolgt. Der Anschluss an die typischen Vorgänge löst sich eigentlich für beide Fälle gleich phylogenetisch dadurch, dass dieselben Mutterzellen, die hier den Zellkern unbenutzt lassen, ihn bei den nächsten Verwandten in typischer Theilung zeigen. Ja bei Isoëtes Durieui haben wir sogar gefunden, dass bereits die demselben Pflanzenexemplar zugehörigen Mikrosporenmutterzellen sich dem in Sporenmutterzellen allgemeinen Vorgange anschliessen. Die gleiche Abweichung in den Sporenmutterzellen von Anthoceros und den Makrosporenmutterzellen von Isoëtes Durieui,

jedenfalls unabhängig entstanden, dürfte durch die gleichen Ursachen veranlasst worden sein. Es lässt sich annehmen, der alte Zellkern hätte in beiden Fällen die Theilungsfähigkeit eingebüsst, der Theilungsvorgang sich trotzdem nicht von einer centralen Attractionsmasse emancipirt. Neue Kernsubstanz hatte sich somit am alten Kerne angesammelt und dessen Functionen übernommen. In der That sahen wir diese am Kern angesammelte Masse, mit ihren Stärkeeinschlüssen, sich ähnlich wie sonst die Substanz der Kernplatten bei der Theilung verhalten.

Die Bildung der eigentlichen Kerne aus dieser Masse beginnt aber sowohl bei Anthoceros als bei Isoëtes erst nach ihrer durch zweimalige Zweitheilung vollendeten Viertheilung. Möglich, dass deshalb hier auch erst die Bildung aller Zellplatten gleichzeitig um diese Zeit erfolgt.

Besonders weit entfernt von den typischen Vorgängen der Theilung ist die Knospung des Kerns bei Acineten und bleibt mir nur wieder an das zu erinnern, was ich an einem andern Orte schon hervorgehoben, dass bei einzelligen, aber gleichzeitig relativ hoch organisirten Protisten die weitgehendsten Abweichungen in dieser Beziehung zu erwarten seien. Will ich doch hier beispielsweise nur daran erinnern, dass diese für einzellige Organismen gehaltenen Infusorien auch freie Oeffnungen besitzen, durch welche fremde Körper in das Innere ihres Körpers aufgenommen werden, jedenfalls auch eine merkwürdige Eigenschaft für eine Zelle. Um übrigens noch einmal auf den Acinetenkern zurückzukommen, so kann ich für denselben zum Mindesten die Vermuthung nicht unterdrücken, dass seine sich bei der Knospung ablösenden Theile durch gleiche Kräfte von der Mutterkernmasse abgestossen werden, als wie sonst die beiden Zellkernhälften von einander, und dass sie auch wie Zellkerne die Gestaltung ihrer Zellen: der Schwärmer, veranlassen und beherrschen.

Für die typischen Vorgänge der Zweitheilung kernloser Zellen fehlt es mir noch an eignen Beobachtungen. Dieselben müssen sich ebenfalls an soliden Zellen d. h. an Zellen ohne Zelllumen abspielen. Auf Grund anderweitiger Erfahrungen muss ich an-

nehmen, dass sich auch in solchen Zellen die Processe bei der Theilung um zwei neue Attractionscentra, wie sonst um Zellkerne gruppiren. Diese Centra werden hier wohl auch dieselbe stoffliche Natur besitzen, nur dass sie sich nicht individualisiren, vielmehr nach vollendeter Theilung schwinden.

Aehnlich derartigen Zellen dürften sich auch anderweitige, solide, der Theilung fähige Protoplasmamassen verhalten, welche die s. g. Einschnürung zeigen: so die Chlorophyllkörner. Ich vermuthe fast, dass die von Rosanoff[1]) in den Chlorophyllkörnern von Bryopsis plumosa dargestellten radialen Streifen der Ausdruck solcher, auf Attactionscentra bezogener Anordnung sind.

Auch spricht der Theilungsvorgang der im Umkreis einer mittleren soliden Masse ausgehöhlten Chlorophyllkörner der Zygnema für eine centrale Wirkung, denn zuerst sieht man die centrale Masse durch Einschnürung sich theilen, dann aber, auf dieselbe folgend, auch hier eine protoplasmatische Platte im Aequator zwischen den beiden isolirten Massen sich ansammeln und in dieser die Trennung der äussern Schichten vor sich gehen.

Die Möglichkeit liegt vor, dass sich die Zweitheilungen der Zellen ohne Kern in ähnlicher Weise modificirt hätten, wie derjenigen mit Kern, und dass aus ihnen solche Theilungsvorgänge, wie wir sie bei Bildung des Sporangium von Saprolegnia beobachtet, oder wie sie für Siphoneen gelten, hervorgingen, ähnlich wie aus den Theilungen mit Kern die Vorgänge bei Oedogonium sich ableiten liessen.

Ich habe im speciellen Theile dieses Buches wiederholt zu begründen gesucht, dass die freie Zellbildung, wie sie uns hier und dort isolirt im Pflanzenreiche entgegentritt, kein ursprünglicher Vorgang mehr ist, sondern ein durch Verkürzung der Entwicklung aus der Theilung hervorgegangener. In der That finden wir fast an allen Orten noch Mittelformen, welche uns die Art, wie diese Verkürzung wohl entstanden sein mag, vorführen. Im

[1]) Die Bilder in Hofmeister's Lehre v. d. Pflz. p. 369.

Ei der Cupressineen wird der primäre Zellkern aufgelöst, die Stärke, die unter dem Einfluss der Befruchtung sich vornehmlich in seinem Innern gebildet hatte, sammelt sich jetzt in dem oberen Ende des schmalen Eies an, und dieses Ende zerfällt nun simultan in meist drei, oder auch etwas mehr übereinander liegende Zellen mit deutlichen centralen Zellkernen.[1]) An dieses einfachste Beispiel der Entwicklungsverkürzung im Coniferen-Ei, in welchem nur einige wenige in einer geraden Richtung fortschreitende Theilungsschritte übersprungen worden sind, lässt sich dann dasjenige des Abietineen-Eies anknüpfen. Auch in letzterem wird der Zellkern nach der Befruchtung aufgelöst und es treten gleichzeitig vier in einer Ebene liegende Zellen im oberen Ende des Eies auf. Sie entstehen völlig unabhängig von einander und zeigen trotzdem von Anfang an eine solche gegenseitige Beziehung, als wären sie der wiederholten Theilung einer den Eischeitel einnehmenden Zelle entstammt. Hier ist also die Entwicklung verkürzt, die Zellen treten durch freie Zellbildung auf, und doch ist ihre ursprüngliche Anordnung, die sie aufeinanderfolgenden Theilungsschritten nur verdanken konnten, noch völlig rein erhalten. Dieser Vorgang im Ei der Abietineen vermittelt aber den endlichen Uebergang zu der reinen, freien Zellbildung, ohne jede gegenseitige Beziehung der entstehenden Zellen, wie sie uns im Ei von Ephedra entgegentritt.

In den Schläuchen der Ascomyceten werden die Sporen durch freie Zellbildung angelegt, und zwar wird ihre Entwicklung durch Auflösung des Mutterzellkernes und das simultane Auftreten von so viel secundären Zellkernen, als Sporen gebildet werden sollen, eingeleitet. Nun sind aber auch Fälle beobachtet worden, in denen die nöthige Zahl der Sporenkerne durch succedane Zweitheilung gebildet wird. In vielen Embryosäcken der Metaspermen (Angiospermen) wird das Endosperm durch Zelltheilung, in anderen durch freie Zellbildung erzeugt, u. s. w.

Der stärksten Veränderung sind, und zwar jedenfalls erst nach erfolgter Verkürzung der Entwicklung, diejenigen Vorgänge

[1]) Vergl. meine »Coniferen und Gnetaceen« p. 278.

anheimgefallen, in welchen der Mutterzellkern vor Beginn der freien Zellbildung nicht mehr gelöst, vielmehr unbenutzt zur Seite geschoben wird, während neue Zellen frei aus einem Theile des Mutterzellprotoplasmas entstehen: so z. B. bei der Bildung der »Keimbläschen« und der Gegenfüsslerinnen bei den Metaspermen.

Auch die Vorgänge der Vielzellbildung, d. h. der gleichzeitigen Anlage vieler Zellen aus dem Gesammtinhalte der Mutterzelle, sind, sicher durch Verkürzung, aus einer Reihe ursprünglich aufeinanderfolgender Zweitheilungen hervorgegangen. Zahlreiche Mittelstufen sprechen noch dafür. Da sich aber der Zellkern nur in zwei Hälften gleichzeitig theilen kann, so sehen wir denselben auch bei der Vielzellbildung constant schwinden und an seiner Statt entweder so viel neue Zellkerne als Zellen entstehen, auftauchen, oder diese Zellen ohne Zellkerne sich bilden. Letzterer Fall scheint bei Vielzellbildung der bei weitem häufigste zu sein. Sehr oft sieht man hingegen an Stelle der Zellkerne in den werdenden Zellen rosa Bläschen auftreten und sich auch für länger erhalten, ohne dann jedoch die Eigenschaften der Zellkerne zu zeigen. Ich vermuthe nun, dass diese rosa Bläschen auch in der That nicht die Stellvertreter der Zellkerne sind, vielmehr Vacuolen entsprechen, wie sie sonst in den Zellkernen sich bilden. Sie dürften auch hier in einer centralen Attractionsmasse auftauchen, die der Masse individualisirter Zellkerne entspricht, aber nicht zur vollständigen Abgrenzung gelangt, vielmehr sich, nach vollendeter Zellbildung, wieder in das übrige Protoplasma vertheilt.

Die Vielzellbildung unterscheidet sich von der freien Zellbildung im Wesentlichen nur dadurch, dass sie den ganzen Inhalt der Mutterzelle zur Bildung der Tochterzellen verbraucht. Sie ist in dieser Beziehung den Zweitheilungsvorgängen näher geblieben.

Was die s. g. Auflösung des Zellkerns oder richtiger die gleichmässige Vertheilung seiner Masse in das Protoplasma der

ganzen Zelle anbetrifft, wie wir sie im Allgemeinen der freien Zellbildung und der Vielzellbildung haben vorausgehen sehen, so scheinen dabei Kräfte im Spiele zu sein, die umgekehrt als bei der Kernbildung: centrifugal statt centripetal wirken. Zum Mindesten haben wir in den Eiern der Abietineen gesehen, dass die Masse ihres Zellkerns in zu dessen Mittelpunkte radialen Bahnen sich vertheilte und zwar schritt die »Auflösung« von der Peripherie nach dem Centrum fort, so dass der mittlere Theil des Zellkerns am längsten erhalten blieb. Aus dieser vertheilten Kernsubstanz mögen sich dann die Attractionsmassen sammeln, welche die neuen Zellbildungen veranlassen. Bei den typischen Vorgängen der Vielzellbildung treten diese neuen Attractionscentra, wahrscheinlich unter gegenseitiger Beziehung, in annähernd gleichen Abständen auf.

Die Vollzellbildung im Pflanzenreiche endlich schliesst, was die Verwerthung des Inhalts der Mutterzelle anbetrifft, sich zum Theil näher der Vielzellbildung, zum Theil der freien Zellbildung an. Das erstere geschieht, wenn aus dem gesammten Inhalte der Mutterzelle die eine, neue Zelle erzeugt wird; das letztere, wenn diese eine Zelle nicht den ganzen Inhalt der Mutterzelle zu ihrer Bildung verbraucht. Bei allen diesen Vorgängen wird entweder ein neues Anziehungscentrum für die sich constituirende Zelle geschaffen, oder auch das alte wohl neu belebt. Bei den typisch oder nur ausnahmsweise monosporen Saprolegnien wird beispielsweise in der sich bildenden Oospore ein centrales Bläschen sichtbar, das in dem protoplasmatischen Inhalte des Oogoniums vor deren Bildung fehlte. Bei den höheren Kryptogamen soll man andererseits auf einer gewissen Entwicklungsstufe den Inhalt der Centralzelle von deren Wand sich zurückziehen und sich zum Ei zusammenballen sehen, ohne dass der Mutterzellkern vorher gelöst und dann neu gebildet werde.

Dass in dem Vorgang selbst, wenn wirklich Neubildung vorliegt, kein Gegensatz zwischen Vollzellbildung und Zelltheilung besteht, das zeigen die Fälle, wo ausnahmsweise die eine Zelle durch

zwei gleichzeitig auftretende, die in den ganzen Inhalt der Mutterzelle sich theilen, ersetzt wird. Andererseits habe ich auch Vollzellbildung die Vielzellbildung ersetzen sehen, d. h. an Stelle vieler Zellen nur eine aus dem Gesammtinhalt der Mutterzelle sich bilden.

Diejenigen Fälle der Vollzellbildung oder richtiger Einzellbildung, in welchen nicht der ganze Inhalt der Mutterzelle zur Bildung der einen Tochterzelle verbraucht wird, dürften ohne weiteres der freien Zellbildung beizurechnen sein.

Am meisten sehen wir aber von den gewöhnlichen Vorgängen der Zellbildung diejenigen abweichen, welchen viele Spermatozoiden ihre Entstehung verdanken, und doch wird es auch da durch Vergleichung wahrscheinlich, dass diese Gebilde sich aus gewöhnlichen, der reinen Vollzellbildung entstammenden Schwärmsporen, durch Summirung der Abweichungen, entwickelt haben.

Die typischen Vorgänge der Vollzellbildung sind meist mit merklicher Contraction des sich neu zur Tochterzelle gruppirenden Protoplasmas verbunden. Solchen Contractionserscheinungen sind wir auch an anderen Orten begegnet, doch namentlich nur dann, wenn die innerhalb der Mutterzellmembran gebildeten Tochterzellen sich völlig von einander zu trennen hatten. Solche Vorgänge sind meist mit weitergehender Veränderung des Zellinhalts verbunden und finden besonders häufig bei der Bildung generativer Zellen aus vegetativen statt. Die typischen Vorgänge der vegetativen Zweitheilung haben hingegen meist keine gleichzeitige Contraction des Inhalts aufzuweisen, so dass eine solche keinenfalls als Hauptbedingung der Theilung angesehen werden darf.[1])

Dahingegen lässt sich im Allgemeinen vermuthen, dass, soweit innerhalb einer Zelle die Dichtigkeit des Protoplasmas Schwankungen unterworfen sein kann, die letzteren die Grösse der zu bildenden Zellen beeinflussen. Wir haben das in ganz überzeugender Weise bei der freien Zellbildung im Embryosack von Phaseolus gesehen, wo bei sich gleich bleibender Grösse der

[1]) Vergl. dagegen Hofmeister l. c. p. 143; dafür hingegen Sachs, Lehrbuch IV. Aufl. p. 16.

Attractionscentra die dieselben umgebenden Zonen in den dichteren Theilen des Protoplasmas viel kleiner waren als in den lockeren. Die Zahl der in einem Sporangium oder einem Oogogonium von Saprolegnia aus dem gesammten Inhalte gebildeten Sporen wird vielleicht aus gleichen Gründen veränderlich sein. Wahrscheinlich wird es auch von der grösseren oder geringeren Dichte des Wandbelegs aus Protoplasma in den Zellen von Hydrodictyon abhängen, ob derselbe in die grösseren oder die kleineren Schwärmsporen zerfällt u. s. w.; ja, es ist denkbar, dass bei rein vegetativer Zweitheilung, abgesehen von allen anderen Gründen, die Dichtigkeit des protoplasmatischen Inhalts die Grösse bestimmt, bei der die Theilung der Zelle erfolgt: so zwar, dass sich Zellen mit dichterem Protoplasma bei verhältnissmässig geringerer Grösse theilen werden als die minder dichten.

Ebenso scheint die Dichtigkeitszunahme des Inhalts einer Zelle Theilungen derselben zu veranlassen, ohne dass sie thatsächlich an Grösse zugenommen habe. Anderweitige nicht festzustellende Ursachen können übrigens die gleiche Wirkung haben: so im Ei der Ascidien, das in eine grosse Anzahl von Zellen zerfällt, ohne an Grösse zuzunehmen, und doch auch ohne eine merkliche Veränderung seiner Inhaltsmasse erkennen zu lassen. Aehnliches gilt für die Theilung der Mutterzellen vieler Pollenkörner und Sporen, wo man dann oft geneigt wäre, in der Vererbung früherer Wirkungen allein den Grund der Erscheinung zu suchen.

Im Allgemeinen geht bei sonst sich gleich bleibenden Verhältnissen eine Massenzunahme des mütterlichen Organismus seiner Zweitheilung voraus; bei Vielzellbildung ist eine solche Grössenzunahme seltener zu beobachten und auch, wo sie erfolgte, kaum in Zusammenhang mit dem Theilungsvorgange zu bringen.

Die Richtung, in der, bei Zweitheilung der Zelle, die Verlängerung und Theilung des Zellkerns erfolgt, scheint oft, wie es Hofmeister zuerst hervorgehoben,[1]) senkrecht zu der Richtung des vorausgegangenen, stärksten Wachsthums der Zelle zu erfolgen, ja selbst dann, wenn, wie im Cambium der Coniferen,

[1]) Lehre v. d. Pflz. p. 145.

diese letztere Richtung mit dem kleinsten Durchmesser der Zelle zusammenfällt. Bei fortgesetzter Zerklüftung einer Zellenmasse, ohne erfolgende Grössenzunahme, gehen meist die Theilungen senkrecht zu dem grössten Durchmesser der Zellen vor sich.

In seinen Untersuchungen über den Bau und die Bildung der Pflanzenzelle sprach wohl Pringsheim zuerst die Ansicht aus,[1]) dass der »Cytoblast« gleichsam als Anziehungsmittelpunkt bei der Concentrirung und Abgrenzung der Protoplasmamasse wirke.

Auch Sachs hat in seinem Handbuch der Experimental-Physiologie der Pflanzen[2]) die Ansicht vom Vorhandensein »sichtbarer oder nicht sichtbarer organischer Centren« ausgesprochen, auf welche sich die Molecularbewegung im Protoplasma, bei Vorgängen der freien Zellbildung und der Zelltheilung, der Entstehung der Zellkerne und Chlorophyllkörner und bei Theilung der letzteren, bezieht. Der Zellkern selbst sollte übrigens kein solches Anziehungscentrum sein, vielmehr ein blosser und unwesentlicher Bestandtheil des Protoplasmas: Derselbe fehle ja in vielen Fällen der Individualisirung neuer Protoplasmamassen, und selbst wo er vorhanden, sei sein Verhalten nicht derart, dass man in ihm den Sitz der Kräfte suchen könnte, welche die centrische Lagerung der Protoplasmamolecüle bewirken.[3])

Wie auch aus einigen Stellen des Lehrbuchs[4]) hervorgeht, schwebten Sachs bei dieser Deutung des Zellkerns die extremen Fälle vor, wo derselbe seine Bedeutung in der That eingebüsst hat oder nur noch in beschränktem Maasse besitzt.

Wie aus allen unseren Untersuchungen andererseits folgt, lässt sich die Zellbildung in keiner Weise mit Tropfenbildung

---

[1]) p. 67.
[2]) p. 458.
[3]) p. 459.
[4]) p. 18.

vergleichen, wie es von Hofmeister geschieht und wie er sie zur Erklärung der Zellbildung und Zelltheilung heranzieht.[1]) Denn Tropfenbildung beruht auf Oberflächenspannung, während uns bei der Bildung der Zellen sichtbar centrale Wirkungen entgegentreten. In einer Flüssigkeit giebt es aber nicht einmal ein physikalisches Centrum. Die Erscheinung also, dass künstlich aus einer Zelle befreites Protoplasma, wenn es der Berührung fester Körper entzogen, in nicht mit ihm rasch mischbaren Medium liegt, oder wenn es zur Contraction im Innern einer Zelle gebracht, in Folge von Oberflächenspannung seiner äussersten, dichtesten Schicht Kugelform annimmt, hat mit den Vorgängen bei der Zellbildung nichts zu thun. Ueberhaupt ist die ganze Parallelisirung des Protoplasmas mit einer Flüssigkeit, wie sie Hofmeister anstrebt, durchaus keine glückliche zu nennen, denn sie ist geeignet, unrichtige Vorstellungen von dem Wesen des Protoplasmas zu erwecken.

So äussert sich auch Sachs[2]) dahin, dass, »so gross auch die Wassermenge und dem entsprechend die Aehnlichkeit mit einer Flüssigkeit sein mag, das Protoplasma doch niemals eine Flüssigkeit sei, selbst die gewöhnlichsten teigigen, schleimigen, gallertartigen Zustände anderer Körper können mit ihm nur ganz äusserlich verglichen werden. Denn das lebende und lebensfähige Protoplasma ist mit inneren Kräften und dem entsprechend mit einer inneren und äusserlichen Veränderlichkeit ausgestattet, welche jedem anderen Gebilde fehlen; die in ihm thätigen Molecularkräfte können nicht ohne Weiteres mit denen irgend einer anderen Substanz verglichen werden.«

Von Seiten der Zoologen ist die Contractilität zur Deutung der Zellbildungsvorgänge, zunächst der Zelltheilung, herangezogen worden. Max Schultze definirte aber die Contractilität als eine Ursache der organischen Bewegungen, welche von der Elasticität allein nicht abhängend, nur im lebenden Zustande beobachtet werden.[3]) Auf die Unbrauchbarkeit der Contractilität, die selbst

[1]) Lehre von der Pflanzenzelle p. 143 u. ff.

[2]) Lehrbuch IV. Aufl. p. 38.

[3]) Observationes nonnullae de ovorum ranarum segmentatione quae »Furchungsprocess« dicitur. 1863 p. 9.

nichts erklärt und erst der Erklärung bedarf, für die Deutung irgend einer Lebenserscheinung ist namentlich von Seiten der Botaniker (Hofmeister, Naegeli, Schwendener Sachs) in letzter Zeit wiederholt hingewiesen worden, auch wäre ja dieselbe, nach keiner Richtung hin, auf die Vorgänge der freien Zellbildung anzuwenden. Kleinenberg, dessen gründliche Erörterung der verschiedenen Theorie der Zelltheilung uns hier wiederholt geleitet, kommt selbst zu der Auffassung dieses Vorgangs als eines Strömungsphänomens, einer molecularen Umlagerung ohne Beziehung auf ein Centrum. Die Deutung entspricht nun aber ebenfalls nicht unseren Erfahrungen, wäre auch im besten Falle nur eine Umschreibung, nicht eine Erklärung des Vorgangs.

Fol, der die radiäre Anordnung des Protoplasmas um zwei neue Centra bei der Theilung gesehen hat, deutet sie als Anziehungscentra, in welchen später die neuen Kerne auftreten. »Ich schliesse mich,« schreibt er, »in Folge dessen ganz und gar der Sachs'schen Theorie der Furchung durch Anziehungsmittelpunkte an, nicht etwa aus theoretischen Gründen, sondern weil ich diese Attractionscentren gesehen habe.«[1])

Auerbach, der sich zuletzt mit diesen Fragen beschäftigt hat, ist endlich der Ansicht, dass wir »irgend eine effective Ursache des Abschnürungsvorgangs vorläufig kaum ahnen können, höchstens annehmen, dass die Contractilität des Protoplasmas eine vermittelnde Hilfsoperation sei. Wir könnten eben nur sagen: Die Abschnürung beginnt, sobald durch die Vollendung der karyolitischen Figur der Kernsaft in beide Hälften der Dotterportion vertheilt ist. Im Uebrigen ist für uns nur die causa finalis sichtbar, nämlich die Herstellung kleiner Zellen zum Aufbau der Organe des Embryo.«[2]) — Die Mittelpunkte der Sterne, die Auerbach in den sich furchenden Eiern gesehen, deutet er nicht als Anziehungscentra, vielmehr als Zerstreuungscentra für den in die Umgebung diffundirenden Zellsaft.[3])

---

[1]) l. c. p. 487.
[2]) l. c. p. 258.
[3]) l. c. p. 255.

Auerbach[1]) hat neuerdings für das thierische Gebiet die Ansicht zu vertreten gesucht: »dass der Zellkern bei seiner Neubildung ursprünglich nichts Anderes ist, als eine Art Vacuole, d. h. eine mit Flüssigkeit erfüllte Höhle im Protoplasma, genauer ein Tropfen eines von Protoplasma verschiedenen, klaren Fluidums, welches ohne besondere Umhüllung eine entsprechende Höhle im Protoplasma ausfüllt; in diesem Tropfen sollen nachträglich die Nucleoli auftauchen, »allem Anschein nach durch Zusammenballung feiner, von der Umgebung abgelöster Protoplasmatheilchen entstehend,«[2]) der ganze Tropfen eventuell noch später durch die angrenzende Protoplasmaschicht von einer Kernmembran umgeben werden.

Gegen die Behauptung Auerbach's, dass die Zellkerne Tropfen seien, wendet sich unsere ganze Erfahrung,[3]) und haben wir vielmehr ihre Gestalt als den Ausdruck in ihrem Innern wirkender Kräfte kennen gelernt. Sind doch die Zellkerne nicht einmal stets kugelrund, vielmehr zeigen sie oft andere Gestalten, die dann meist in Beziehung zu der Gestalt ihrer Zelle stehen. Auf Oberflächenspannung kann ihre Form also nicht beruhen, sonst müssten sie ja immer kugelrund sein. Auch könnten die Structurverhältnisse und die complicirten Vorgänge, die wir an den in Theilung begriffenen Kernen beobachtet, unmöglich in einer Flüssigkeit auftreten.

Auerbach hat die in den Kernen sich bildenden Vacuolen jedenfalls für die Kerne selbst gehalten, so wie ich dann auch an Ascidien-Eiern feststellen konnte, dass der eigentliche Zellkern in lebenden Objecten meist unkenntlich bleibt, und nur die in ihnen auftauchenden Vacuolen deutlich sichtbar werden.

Das, was aber sonst unrichtige Vorstellungen vom Wesen

[1]) Organische Studien Heft 2 p. 238.

[2]) Klebs (Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie III. Bd. 2. Heft, zusammengefasst p. 153) lässt die Kernkörperchen sogar ausserhalb der Zellkerne entstehen und in dieselben erst eintreten.

[3]) Hofmeister hingegen l. c. p. 80 »Die Bildung des Zellkerns lässt sich auffassen als die Trennung der eiweissreichsten Theile des Protoplasmas von dessen übriger Substanz und als das Zusammentreten dieser Theile im Innern des Protoplasmas zu einem sphärischen Ballen oder Tropfen.«

des Zellkerns veranlasste, war der Umstand, dass man ihn meist erst auf dem Zustande beobachtete, wo er seine Thätigkeit schon einzustellen begann.

Zur Zeit seiner vollsten Wirksamkeit fand ich den Zellkern nämlich stets aus einer homogen-glashellen Protoplasmamasse gebildet, die in ihrer Consistenz mit der Hautschicht übereinstimmte und in der weder Vacuolen, noch Kernkörperchen zu beobachten waren. Letztere pflegten sich erst zu zeigen, wenn der Zellkern seine Aufgabe grösstentheils vollbracht und nun zur Ruhe kommen sollte. Am schönsten war das, unter andern, in den frei entstandenen Zellen von Phaseolus zu sehen, wo mit vollendeter Zellbildung Vacuolen im Zellkern sich zeigten und dieser dann auch gleichzeitig seine centrale Lage einbüsste. Eine solche Verminderung der Thätigkeit des Zellkerns, durch Ausscheidung gewisser Elemente desselben, scheint nach jeder Zelltheilung einzutreten, selbst wenn die nächste unmittelbar nachfolgen soll. Um in neue Thätigkeit zu treten, wird aber die Kernmasse erst jedesmal wieder homogen gemacht, die Vacuolen schwinden, die Substanz der Kernkörperchen vertheilt sich gleichmässig im ganzen Kern.[1]) Die Art, wie die Sonderungen im Kern, nach Abschluss jeder Theilung, vor sich gehen, kann verschieden sein. Bei Spirogyra orthospira höhlt sich der scheibenförmige Zellkern z. B. durchaus nicht aus, es tauchen vielmehr in der homogenen, ziemlich stark lichtbrechenden Masse desselben einige noch stärker das Licht brechende kugelige Kernkörperchen auf, die alle bis auf ein einziges, stark anwachsendes schwinden. Dieses eine nimmt dann eine centrale Lage im Zellkern ein und verschwindet selbst erst wieder, wenn der Zellkern zur neuen Theilung sich anschickt. In den freien Endospermzellen von Phaseolus multiflorus treten im Zellkern Vacuolen in grösserer Anzahl auf, im Uebrigen behält der Kern seine ursprüngliche Consistenz und bilden sich keine Kernkörper in den Vacuolen.[2]) Sehr häufig ist die Er-

[1]) So auch Auerbach für die Ascaris-Eier. Heft II, p. 228 u. a. m.

[2]) Auch die Kerne der Amoeben beschreibt Heitzmann als zunächst homogen später sollen Vacuolen in denselben sich bilden. (Vergl. Stzgsber. d. W. Acad. LXVIII Bd. III. Abth. 1873 April u. Juni.)

scheinung so, wie wir sie in den freien Zellen des Eies von Ephedra oder in den Zellen des Ascidien-Eies und an vielen andern Orten gesehen, dass die Kerne nämlich von einer einzigen grossen Vacuole ausgehöhlt werden und ihre Substanz schliesslich nur noch die Wand dieser Vacuole bildet, so wie ein grösseres, oder mehrere kleinere Kernkörperchen im Innern derselben. Diese letztere Art der Kernmetamorphose ist meist mit einer bedeutenden Volumenzunahme des Kernes verbunden. — Ihre Aushöhlung erinnert aber nicht wenig an die Bildung des Lumens in vielen mit Protoplasma zunächst ganz ausgefüllten Pflanzenzellen. Die Kernwandung liesse sich sodann mit dem ganzen protoplasmatischen Wandbeleg einer ausgehöhlten Zelle vergleichen.

Die durch Theilung aus einem Mutterkerne hervorgehenden Schwesterkerne sind zunächst im Allgemeinen um die Hälfte kleiner als derselbe. Sie können sich rasch durch Wachsthum bis auf die ursprüngliche Grösse des Mutterzellkerns ergänzen. Diess erfolgt vornehmlich in Zellen, die selbst auch auf das Volumen ihrer Mutterzelle anwachsen. Verkleinern sich fortgesetzt die auseinander hervorgehenden Zellgenerationen, so wie wir das zunächst im Ei der Phallusia gesehen, so nehmen dem entsprechend auch die Zellkerne an Grösse ab. Soll aber das richtige Maass für die Kerne hier gewonnen werden, so muss ihre Grösse zu einer Zeit bestimmt werden, wo sie sich noch nicht ausgehöhlt haben. In lebenden Objecten sind die Kerne hier fast unsichtbar, an Alcohol-Präparaten die Messung hingegen oft nicht schwer auszuführen.

Dass die Structur und Vertheilung der Kernsubstanz in absolutem Alcohol meist vollständig erhalten wird, haben wir an unzähligen Beispielen gesehen, und nur in ganz wenigen Fällen fand ich diese Kernsubstanz körnig, wo sie mir an frischen Objecten auf gleichem Entwicklungszustand homogen erschien. So in den Sporenmutterzellen von Psilotum triquetrum, den Eiern der Abietineen u. a. m.

Vermehrung der Kernkörperchen durch Theilung habe ich nie beobachten können, sie wird von Auerbach in thierischen

Zellkernen »ganz unzweifelhaft« angenommen.[1]) Merkwürdig ist dann weiter die Auerbach'sche Hypothese, dass der Zellkern »ein hohler Brutraum sei,« »bestimmt eine junge Zellenbrut in sich zu entwickeln, die Nucleoli aber wahrhaft endogen entstandene Tochterzellen. Für letztere käme es weiterhin darauf an, ob sie gelegentlich einen Ausweg aus der Mutterzelle finden mögen, um als frei gewordene Elementarorganismen weiter zu leben.«[2])

Die Bewegungserscheinungen, die Hanstein[3]) an den Kernen schildert, habe ich nicht in den Kreis meiner Beobachtungen gezogen.

Die Stoffverwandtschaft von Kern und Hautschicht, für welche ich schon mehrere Stützen beibringen konnte, zeigt sich auch in der Fähigkeit der letzteren, in ähnliche Structurverhältnisse wie der Zellkern einzugehen. Wir haben im Innern der Spirogyrazellen, an stark wachsenden Stellen, die Hautschicht eine radiale stäbchenförmige Structur annehmen sehen. Eine ähnliche Structur ist schon früher von Hofmeister[4]) für die Hautschicht der Plasmodien geschildert worden und auch Sachs[5]) erwähnt einer radialen Streifung an der Hautschicht der Schwärmsporen von Vaucheria.

In denselben Spirogyrazellen, in denen sich die Hautschicht stäbchenförmig differencirt zeigte, konnten wir die Körnerschicht des Protoplasmas in lebhafter Strömung sehen. Die Ströme führten Baustoffe den Orten stärksten Wachsthums zu, und eine grosse Anhäufung dieser Baustoffe konnte man dort feststellen. Eben diese Ströme waren mit der gleichen Arbeit während der Bildung der Querwand in sich theilenden Zellen beschäftigt. Beispielsweise sahen wir auch innerhalb derselben die Stärkekörnchen sich lösen, welche den Stoff zur Bildung der Cellulose-

[1]) Heft I, p. 168.
[2]) l. c. Heft I, p. 169.
[3]) Sitzbr. der Niederrhein. Ges. in Bonn. 19. Dec. 1870.
[4]) Lehre v. d. Pflz. p. 24.
[5]) Lehrbuch IV. Aufl. p. 41.

wand hergeben sollen. Andererseits wissen wir ja schon seit langer Zeit, dass in bestimmten, grün gefärbten Theilen der Körnerschicht die Assimilationsprocesse vornehmlich ihren Sitz haben.

Es scheint nach alledem in der Sonderung des Protoplasmas in Körnermasse, Hautschicht und Kern eine Arbeitstheilung vorzuliegen, so zwar, dass ein Theil des Protoplasmas: der Zellkern, vornehmlich die molecularen Vorgänge der Zellbildung beherrscht; die Hautschicht die Abgrenzung des Ganzen nach aussen übernommen hat, die Körnerschicht das Geschäft der Ernährung besorgt.

Ich kann nicht umhin, eine Stelle aus Haeckel's genereller Morphologie[1]) anzuführen, wo die hier gewonnene Auffassung im richtigen Vorgefühl schon annähernd ausgesprochen wird. Haeckel hebt dort die bedeutende Rolle hervor, welche der Kern allgemein bei der Fortpflanzung der Zellen spielt. »Fast immer geht der Theilung des Protoplasmas die Theilung des Zellkerns vorher und die beiden so entstandenen Kerne wirken nun als selbständige Attractionscentra, um welche sich die Substanz des Protoplasmas sammelt. Das Protoplasma dagegen ist von grösster Bedeutung für die Ernährung der Zelle. Ihm scheint bei der Zellvermehrung eine mehr passive Rolle zugetheilt zu sein und seine Hauptaufgabe scheint in der Zuführung des Nahrungsmaterials zum Kerne und in der Vermittlung des Verkehrs der Zelle mit der Aussenwelt zu liegen.« »Bei den Cytoden, wo Kern und Protoplasma noch nicht differencirt sind, werden wir das gesammte Protoplasma als das gemeinsame Organ beider Functionen zu betrachten haben.«

Wo eine neue kernhaltige Zelle entsteht, bildet sich der Zellkern zuerst, unter seinem Einfluss sammelt sich sofort körniges Protoplasma im Umkreis an und wird von der nach der Peripherie abgestossenen Hautschicht abgegrenzt. — Diese Hautschicht findet sich alsbald auch an frei hervortretenden protoplasmatischen Inhaltsmassen von Zellen ein, so wie auch an

[1]) Bd. I 1866 p. 288.

Wundflächen, sobald sich der protoplasmatische Inhalt der Zelle gegen dieselben abgeschlossen. Dieses beweist jedenfalls, dass die Hautschichtmasse zwischen der Körnermasse vertheilt sich findet, aber doch nicht mit ihr identisch ist, da sie sich unter Umständen von derselben sondert und ein ganz anderes Verhältniss zum Kerne zeigt. Daher kann ich die Hautschicht nicht einfach als die Grundsubstanz des Protoplasmas gelten lassen; andererseits haben wir erkannt, dass ihre Deutung als eine durch Oberflächenspannung verdichtete, äusserste Schicht des Protoplasmas in keiner Weise zutrifft.

Die Functionen des Zellkerns traten uns nur in den typischen Zellen deutlich entgegen, in modificirten Zellen sahen wir ihn hingegen seine frühere Rolle theilweise, oder selbst vollständig wieder einbüssen. Neue, specielle Anpassungen der Zelltheile zu dieser oder jener Function waren da festzustellen.

In Zellen ohne Zellkern sammelt sich wohl jedesmal Hautschichtmasse in den neuen Bildungscentren an und beherrscht die Zellbildung, um sich nach Vollendung derselben wieder zu vertheilen. Da ist die Arbeitstheilung noch nicht bis zur Individualisirung eines Attractionscentrums vorgeschritten. Bei der von Haeckel beschriebenen, sich auch durch Zweitheilung vermehrenden Protamoeba primitiva [1]) war nicht einmal eine Trennung in Hautschicht und Körnermasse durchgeführt.

[1]) In dem Theile über Protisten schon eingehender besprochen.

Erklärung der Abbildungen.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

(Alle Figuren dieser und der folgenden Tafel sind, wo nicht anders angegeben, nach Alcohol-Präparaten entworfen worden.)

Fig. 1—12. *Ephedra altissima.*

Fig. 1. Eine Blüthe im Längsschnitt zur Zeit der Bestäubung. Bl: Vorblätter; Fr: Fruchtknoten; I: Integument in einen schmalen Hals auslaufend; Kk: Knospenkern oben zur Aufnahme der Pollenkörner ausgehöhlt; E: der mit Endosperm- (Prothallium-) Gewebe ausgefüllte Embryosack; Ar: zwei Archegonien je ein Ei einschliessend. Vergr. 9 Mal.

Fig. 2. Ein isolirtes, unreifes Ei mit Zellkern N und Canalzelle Kz. Vergr. 100 Mal.

Fig. 3. Ein isolirtes reifes Ei. Vergr. 100 Mal.

Fig. 4. Isolirtes Ei mit Pollenschlauch. An demselben noch das Pollenkorn. Vergr. 100 Mal.

Fig. 5 u. 6. Isolirte Eier, die Auflösung ihres Kerns und der Canalzelle zeigend. Vergr. 100 Mal.

Fig. 7 a und b. Dasselbe Ei bei a 100 Mal, bei b 250 Mal vergrössert, die Bildung freier Zellen zeigend, in b ist die zweite Anlage von oben die jüngste.

Fig. 8. Ein noch älteres Ei, weitere Entwicklung der freien Zellen zeigend. Vergr. 250 Mal.

Fig. 9. Noch weiterer Zustand: die untere Zelle der Figur hat sich schon mit Zellhaut umgeben. Vergr. 250 Mal.

Fig. 10. Eine einzelne der frei entstandenen Zellen. Vergr. 250 Mal.

Fig. 11. Ein monströser Fall. Das Ei von Gängen durchsetzt, welche die einzelnen Zellanlagen umfassen. Vergr. 250 Mal.

Fig. 12. Die Zellen schlauchförmig zum Ei hinauswachsend, an ihrer Spitze theilweise schon getheilt. Vergr. 100 Mal.

Fig. 13—14. *Ginkgo biloba.*

Fig. 13. Ein Ei mit den frei im Innern gebildeten Kernen, um jeden Kern eine hellere Zone. Vergr. 100 Mal.

Fig. 14. Ein kleiner Protoplasmatheil aus obigem Ei. 600 Mal vergrössert.

Tafel II.

Fig. 15—28. u. 31. *Picea vulgaris.*
Fig. 29 u. 30. *Pinus silvestris.*

Fig. 15. Längsschnitt durch eine Blüthe zur Befruchtungszeit. S: die Fruchtschuppe; Fr: Fruchtknoten; Kk: der nackte Knospenkern; Kw: dessen Spitze, die s. g. Knospenwarze, auf welcher die Pollenkörner (Pk) liegen, die ihre Schläuche (Pl) durch den Knospenkern getrieben haben, und von denen einer durch den Scheitel des Embryosackes E in das Archegonium bis zum Ei (Ei) vorgedrungen ist. Vergr. 9 Mal.

Fig. 16. Isolirtes Ei; N: Zellkern; Kz: Canalzelle. Vergr. 100 Mal.

Fig. 17. Eine kleine Protoplasmapartie aus einem empfängnissreifen Ei und zwar bei 17a nur die Protoplasmakammern, bei 17b auch die Vacuolen. Vergr. 600 Mal.

Fig. 18. Pollenschlauchende im Ei nach erfolgter Befruchtung. Vergr. 600 Mal.

Fig. 19. Ein Ei mit sich lösendem Kern. Vergr. 100 Mal.

Fig. 20. Längsschnitt durch ein Ei mit radial fortschreitender Vertheilung der Zellkernmasse. Vergr. 100 Mal.

Fig. 21. Längsschnitt durch ein anderes Ei mit geschlängelt fortschreitender Vertheilung der Zellkernmasse. Vergr. 100 Mal.

Fig. 22. Die vier gleichzeitig auftretenden Kerne in dem Scheitel des Eies, der Scheitel etwas gehoben, um die Lage aller vier Kerne zeigen zu können. Vergr. 250 Mal.

Fig. 23. Eine ähnliche Anlage wie die vorhergehende, bei a im optischen Durchschnitt, bei b von oben gesehen dargestellt. Vergr. 250 Mal.

Fig. 24. Eine kleine Protoplasmapartie aus einem Ei nach eben vollendeter Abgrenzung der vier unteren Kerne. Vergr. 600 Mal.

Fig. 25. Eine Missbildung mit vier in der Masse des Eies zerstreuten Kernen. Vergr. 100 Mal.

Fig. 26. Die abnormer Weise frei im Innern angelegten Kerne machen den Versuch sich zu theilen. Vergr. 250 Mal.

Fig. 27. Theilungsvorbereitungen in den Kernen der vierzelligen Keimanlage im oberen Eiende. Der linke Kern einen etwas vorgeschritteneren Zustand der inneren Vorgänge zeigend als der rechte. Im rechten die Kernplatte noch zusammenhängend, im linken schon gespalten. Vergr. 250 Mal.

Fig. 28. Ein vorgerückterer Zustand als in Fig. 27. Die Zellplatten im Aequator zwischen den neu sich bildenden Kernen schon angedeutet. Vergr. 250 Mal.

Fig. 29. Gleich nach Bildung der neuen Kerne. Zellplatten markirter. Vergr. 250 Mal.

Fig. 30. Die Cellulosemembran in der Mitte der Zellplatte schon ausgeschieden. Vergr. 250 Mal.

Fig. 31. Späterer Entwicklungszustand, auf welchem die Anlage schon aus 12 Zellen in drei übereinanderliegenden Etagen besteht. Vergr. 250 Mal.

Tafel III.

Sämmtliche Figuren 600 Mal vergrössert.

Fig. 1—27. *Spirogyra orthospira.*

Fig. 1. Ein Zellkern.

Fig. 2. Ein ebensolcher, breiter werdend.

Fig. 3. Aehnlicher Zustand (Alcohol-Präparat).

Fig. 4. Auflösung des Kernkörperchens (Alc.-Pr.).

Fig. 5. Kernmasse nach Auflösung des Kernkörperchens (Alc.-Pr.).

Fig. 6. Bildung der transversalen Streifung und der Kernplatte (Alc.-Pr.).

Fig. 7. Ein etwas weiter vorgerückter Zustand, die Kernmasse noch breiter geworden als in der vorhergehenden Figur, die Kern-

platte deutlicher, in die Stäbchen gesondert; beginnende Protoplasmaansammlung ringförmig im Umkreis der Zelle (Alc.-Pr.).

Fig. 8. Ansammlung körnchenhaltigen Protoplasmas an beiden Polen der tonnenförmig gewordenen Kernmasse. Eine mittlere Reihe dunkler Punkte deutet sich in der Kernplatte an (Alc.-Pr.).

Fig. 9. Etwas weiterer Zustand als Fig. 8; die medianen Punkte in der Kernplatte deutlich markirt (Alc.-Pr.).

Fig. 10. Die Kernmasse streckt sich noch mehr; die beiden Plattenabschnitte beginnen auseinanderzuweichen (Alc.-Pr.).

Fig. 11. Ferneres Auseinanderrücken der Kernplattenabschnitte; Fäden zwischen beiden; erster Anfang der Querwand (Alc.-Pr.).

Fig. 12. Noch vorgerückterer Entwickelungszustand als in vorhergehender Figur. (Alc.-Pr.)

Fig. 13. Ein stark verbreiterter Zellkern.

Fig. 14. Die beiden Kernplattenabschnitte 6 Minuten nach Beginn des Auseinanderrückens. Bildung einer medianen Körnchenansammlung.

Fig. 15. Acht Minuten nach Beginn desselben. Die inneren Fäden durchrissen und eingezogen, dafür die Seitenwandung in Fäden gespalten. Die Kernhälften zu soliden Scheiben werdend, dem Körnchenprotoplasma der Endflächen genähert.

Fig. 16. Vierzehn Minuten nach Beginn des Auseinanderrückens. Die jungen Kerne noch mehr angeschwollen, dem Körnchenprotoplasma anliegend. Die Seitenfäden hinter den Kernen mit kleinen Knoten inserirt.

Fig. 17. Nächstfolgender Entwicklungszustand, doch einer anderen Zelle als Fig. 13—16 entnommen.

Fig. 18. Ein der Fig. 14 entsprechendes Entwicklungsstadium, darunter ein Stück der Seitenwandung der Zelle im optischen Durchschnitt den ersten Anfang der Querwand zeigend.

Fig. 19. Nächstfolgender Entwicklungszustand der vorhergehenden Figur zehn Minuten später gezeichnet. Die mediane Körnchenansammlung zwischen den beiden Kernhälften, ungewöhnlich stark entwickelt, auf den Seitenfäden suspendirt.

Fig. 20. Nachfolgender Zustand acht Minuten später als Fig. 19 aufgenommen. Ein Stück der Seitenwand das Fortschreiten der Querwand zeigend.

Fig. 21. Dasselbe Präparat nach weiteren zwanzig Minuten; ebenfalls mit einem Stück der Seitenwandung. Die Kerne bereits angelegt.

Fig. 22. Nach weiteren fünf Minuten erstes Auftreten der Kernkörperchen, stets in Mehrzahl.

Fig. 23. Nach weiteren zwanzig Minuten; das Wachsen je eines Kernkörperchens, das Schwinden der anderen zeigend.

Fig. 24. Nach noch weiteren zweiundzwanzig Minuten; die Seitenfäden die eingefaltete Chlorophyllschicht erreichend.

Fig. 25. Ein ähnlicher Entwicklungszustand wie der vorhergehende aus einer anderen Zelle.

Fig. 26. Der Protoplasmaring zu einer centralen Platte verschmolzen, die Scheidewand fast vollendet, die Kerne fertig ausgebildet.

Fig. 27. Die Theilung eben vollendet. Die unverbrauchten Reste der Körnchenplatte wandern nach den Kernen. Dieselben noch in etwas excentrischer Lage.

Tafel IV.

Alle Figuren mit Ausnahme der Figur 39 600 Mal vergrössert.

Fig. 28—33. *Spirogyra nitida.*

Fig. 28. Oberflächenansicht der Zelle bei beginnender Bildung der Scheidewand,

Fig. 29. Vorgeschrittener Zustand der Theilung der Fig. 24 entsprechend.

Fig. 30. Noch weiter vorgerückter Zustand.

Fig. 31. Verschmelzung des Protoplasmaringes zu einer bei dieser Species besonders mächtig entwickelten Platte.

Fig. 32. Eben vollendete Scheidewand in der Insertionsansicht; die Chlorophyllbänder durchschnitten.

Fig. 33. Nach eben vollendeter Bildung der Scheidewand; die unverbrauchte Masse der Protoplasmaplatte wandert nach den Kernen.

Fig. 34—37. *Spirogyra orthospira.*

Fig. 34. Stücke der Seitenwand nebst Insertion einer jüngeren (a) und einer alten (b) Querwand.

Fig. 35. Zwei kurz zuvor von einander gelöste Zellen, die eine noch mit der Kappe.

Fig. 36. Eine beiderseits abgestossene Querwandscheibe.

Fig. 37. Die Endfläche einer Zelle in lebhafter Membranbildung begriffen. Die Hautschicht die radiale Stäbchenstructur zeigend.

Fig. 38. *Ulothrix.*

Fig. 38. Ein Complex von Zellen aus einem abgestorbenen Faden.

Fig. 39—49. *Oedogonium tumidulum.*

(Meist nach Alcohol-Präparaten.)

Fig. 39. Erste Anlage des Ringes. 900 Mal vergrössert.

Fig. 40. Etwas vorgeschrittenere Ringanlage; auch in der Oberflächenansicht angedeutet.

Fig. 41. Ein fertiger Ring; auch in der Oberflächenansicht angedeutet.

Fig. 42. Ein ungeöffnet gebliebener Ring in die Verdickungsschichten der Zellenwand aufgenommen.

Fig. 43. Die Ringmasse halb gestreckt; die Anlage der Scheidewand noch punktirt aussehend.

Fig. 44. Die junge Querwand schon grösstentheils glatt contourirt.

Fig. 45. Die Ringmasse fast völlig gestreckt, die junge Scheidewand in ihrer definitiven Stellung an der Mündung der Scheide, im Anschluss an den unteren Rand des neu eingeschalteten Membranstückes.

Fig. 46. Eine noch etwas ältere Scheidewand durch Druck zum Platzen gebracht.

Fig. 47. Eine halb gestreckte Ringmasse auf diesem Entwicklungszustande stehen geblieben und stark verdickt.

Fig. 48 u. 49. Kappencomplex mit concentrirter Schwefelsäure behandelt; die Kappen mehr oder weniger von einander gelöst.

Tafel V.

Alle Figuren 600 Mal vergrössert.

Fig. 1—4. *Cladophora.*

Fig. 1. Inhaltsarme Zelle von Cladophora fracta, die (punktirten) kernartigen Protoplasmakörper zeigend.

Fig. 2. Ein relativ junger Theilungszustand bei Cladophora fracta. Von der Wand Ströme nach der innern Kante der Scheidewand laufend, scheinbare Einfaltungen der Hautschicht.

Fig. 3. Ein weiter vorgerückter Theilungszustand von derselben Pflanze. In der ringförmigen Ansammlung der farblosen,

dünnflüssigen Substanz unregelmässig anastomosirende Protoplasmaströme.

Fig. 4. Theilungszustand der Cladophora glomerata.

Fig. 5—16. *Phaseolus multiflorus.*

(Nach Alcohol-Präparaten.)

Fig. 5. Jüngste Anlage einer Endospermzelle mit noch punktförmigem Zellkern im lockeren Theile der wandständigen Protoplasmaschicht des Embryosackes.

Fig. 6, 7, 8—11. Aufeinanderfolgende Alterszustände solcher Zellen.

Fig. 8. Zellanlagen aus dem dichteren Theile des Wandprotoplasmas in der Nähe der Mikropyle.

Fig. 12. Zwei Zellanlagen, so nahe an einander entstanden, dass ihre Zonen zusammenfielen.

Fig. 13, 14, 15. Weitere Entwicklungszustände.

Fig. 16. Vereinigung zum Zellgewebe.

Fig. 17—25. *Phaseolus multiflorus.*

(Nach Alcohol-Präparaten.)

Fig. 17. Vier Zellen aus dem jungen Endosperm.

Fig. 18. Bildung der Kernplatte.

Fig. 19. Auseinanderwandern ihrer Endflächen.

Fig. 20 u. 21. Beginn der Scheidewandbildung, ringförmig von der Wand aus, die Zellplatte in den Kernfäden noch nicht entwickelt.

Fig. 22—25. Weitere Vorgänge der Scheidewandbildung und Näherung der neuen Kerne a dieselbe.

Fig. 26—28. *Ginkgo biloba.*

(Nach Alcohol-Präparaten.)

Fig. 26. Bildung der Kernplatte.

Fig. 27 u. 28. Weiterer Entwicklungszustand der neuen Kerne und ringförmige Anlage der Scheidewand.

Fig. 29—33. *Pinus silvestris.*

(Nach Alcohol-Präparaten.)

Fig. 29. Eine Partie Zellen aus dem Cambium von Pinus silvestris (einjähriger Trieb) im Querschnitt. Der Kern in der mittleren Zelle der unteren Reihe sichtbar und eben in Theilung.

Fig. 30. Cambiumzellen auf radialem Längsschnitt, ein Kern in Theilung.

Fig. 31. Querschnitt wie in Fig. 29 ausgeführt.

Fig. 32. Theil einer etwas älteren Holzzelle auf radialem Längsschnitt mit Kern.

Fig. 33. Markstrahlzellen auf radialem Längsschnitt, in zwei Zellen die Kerne in Theilung.

Fig. 34—37. *Tradescantia virginica.*

(Nach Alcohol-Präparaten.)

Fig. 34. Die vier obersten Zellen eines Haares von den Staubfäden. Die oberste Zelle in Theilung; die beiden unteren vor kurzem durch Theilung an einer Mutterzelle entstanden.

Fig. 35, 36 u. 37. Aufeinander folgende Theilungszustände. In Fig. 35 der Faserzustand mit der Kernplatte. Fig. 36 u. 37 (je 3te Zelle vom Haarscheitel) Bildung der neuen Kerne: in Fig. 36 noch vor Anlage der Zellplatte, in Fig. 37 nach Bildung derselben.

Fig. 38 u. 39. *Iris pumila.*

Fig. 38. Sehr junge Oberhaut, die Bildung der Spaltöffnungsmutterzellen zeigend.

Fig. 39. Kurz nach vollendeter Bildung der Spaltöffnungsmutterzellen.

Tafel VI.

Sämmtliche Figuren 600 Mal vergrössert.

Fig. 40—48. *Iris pumila.*

(Nach Alcohol-Präparaten.)

Fig. 40. Eine junge Spaltöffnungsmutterzelle vor der Theilung.

Fig. 41. Bildung der Kernplatte in derselben.

Fig. 42. Links Zustand der Kernplatte noch vor ihrer Spaltung; rechts des Auseinanderweichens ihrer Endflächen.

Fig. 43 u. 44. Nach vollendetem Auseinanderweichen.

Fig. 45. Individualisirung der neuen Kerne.

Fig. 46. Bildung der Zellplatte.

Fig. 47 u. 48. Nach vollendeter Theilung.

Fig. 49—61. *Allium narcissiflorum.*
(Nach Alcohol-Präparaten.)

Fig. 49. Pollenmutterzelle noch vor der Trennung aus dem Gewebsverbande.

Fig. 50, 51 u. 53. Die Kernplatte von der Seite.

Fig. 52. Dieselbe von oben.

Fig. 54. Spaltung der Kernplatte.

Fig. 55. Auseinanderweichen derselben.

Fig. 56 u. 57. Folgende Zustände, Differencirung der Tochterkerne.

Fig. 58. Bildung der Zellplatte.

Fig. 59. Beginnende Theilung der Schwesterzellen.

Fig. 60 u. 61. Vollendete Theilung derselben, übers Kreuz (60), oder in einer Ebene (61).

Fig. 62. *Anthericum ramosum.*
(Alcohol-Präparat.)

Fig. 62. Zustand der fast vollendeten ersten Theilung der Pollenmutterzelle. Bildung der Spalte in der Zellplatte, innerhalb der Kernfäden.

Fig. 63—73. *Tropaeolum majus.*
(Nach Alcohol-Präparaten.)

Fig. 63. Die Sporenmutterzelle vor der Theilung.

Fig. 64. Die Kernplatte von der Seite.

Fig. 65. Dieselbe von oben.

Fig. 66. Das Auseinanderweichen.

Fig. 67. Differencirung der Tochterkerne und Bildung der Zellplatte.

Fig. 68—70. Theilung der Tochterzellkerne zu beiden Seiten der primären Zellplatte.

Fig. 71. Tetraëdrische Anordnung der Enkelzellkerne und der Zellplatten. Bildung der Leisten an der Mutterzellwandung.

Fig. 72. Vollendete Scheidewandbildung.

Fig. 73. Entstehung der eigentlichen Pollenhäute.

Fig. 74. *Cucumis sativus.*
(Alcohol-Präparat.)

Fig. 74. Theilungszustand nach vollendeter Bildung der Enkelkerne, aller Zellplatten und der vorspringenden Leisten an der Mutterzellwand.

Fig. 75—92. *Psilotum triquetrum.*

(Nach Alcohol-Präparaten.)

Fig. 75. Sporenmutterzellen noch im Verbande.

Fig. 76. Befreite und abgerundete Sporenmutterzelle.

Fig. 77 u. 79. Kernplatte von der Seite.

Fig. 78. Dieselbe von oben.

Fig. 80, 81 u. 82. Zustände der Spaltung der Kernplatte und ihres Auseinanderweichens.

Fig. 83. Bildung der Tochterzellkerne und der primären Zellplatte.

Fig. 84. Kernplatten der beiden übereinanderliegenden Tochterzellkerne in gekreuzter Lage, bei verschiedener Einstellung gezeichnet.

Fig. 85. Die Kernplatten der beiden Schwesterzellkerne in der gleichen Ebene.

Fig. 86. Die Enkelzellkerne in einer Ebene, zwischen denselben die Zellplatten.

Fig. 87 u. 88. In tetraëdrischer Anordnung. Nach Bildung der Zellplatten (87) und nach vollendeter Bildung der Scheidewände (88).

Fig. 89. In einer Ebene angeordnet, die Scheidewände eben gebildet.

Fig. 90 u. 91. Ein ähnliches Object von der Seite. Bei beginnender Bildung der Scheidewand (90) und nach Vollendung derselben (91).

Fig. 92. Fertige Sporen, von der Seite, noch zusammenhängend, doch bei fast vollendeter Auflösung ihrer Mutterzellwandung.

Fig. 93—100. *Isoëtes Durieui* Bory.

(Nach Alcohol-Präparaten.)

Fig. 93. Eine Mutterzelle der Makrosporen vor Beginn der Theilung.

Fig. 94. Nach Zweitheilung der dem primären Mutterzellkern vorerst anliegenden Protoplasmamasse.

Fig. 95. Nach vollendeter tetraëdrischer Theilung der Protoplasmamassen, kurz vor Auflösung des primären Kerns; bei Beginn der Zellplattenbildung.

Fig. 96 u. 97. Bildung des Kerns aus dem Protoplasma an der Stärkegruppe.

Fig. 98. Nach vollendeter Bildung der Kerne und der Zellplatten.

Fig. 99 u. 100. Nach erfolgten Bildung der Celluloseschеidewände.

Tafel VII.

Die Figuren 1—19 250 Mal vergrössert.

Fig. 1—19. *Phallusia mamillata.*

Fig. 1. Ein reifes, noch unbefruchtetes Ei, nach dem lebenden Objecte entworfen.

Fig. 2—7. Anlage und Wanderung des Kerns im befruchteten Ei. Nach Alcohol-Präparaten.

Fig. 8. Der Kern nimmt die spindelförmige Gestalt an, wird streifig und bildet die Kernplatte (Alc.-Präp.).

Fig. 9—13. Theilung des Kerns und des ganzen Eies. Nur Fig. 10 nach dem lebenden Object entworfen, die anderen Figuren nach Alcohol-Präparaten.

Fig. 14. Nach vollendeter Zweitheilung (Alc.-Präp.).

Fig. 15—17. Den zweiten Theilungsschritt in seinem Verlauf darstellend (Alc.-Präp.).

Fig. 18. Nach vollendeter Viertheilung, mit noch soliden Kernen (Alc.-Präp.).

Fig. 19. Ein ebensolches Object nach Aushöhlung der Kerne. (Alc.-Präp.).

Fig. 20—21. *Cucullanus elegans*

nach Zeichnungen von O. Bütschli.

Fig. 20. Ein sich furchendes Ei, in der oberen Zelle ist der Kern spindelförmig und gestreift, die Kernplatte hat sich eben gespalten.

Fig. 21. Ein sich furchendes Ei, in der Zelle links sind die beiden Plattenabschnitte weit auseinandergewichen, Kernfäden ausspannend. Die Kerndifferenzirung nicht sichtbar.

Fig. 22—25. *Blatta germanica*

nach Zeichnungen von O Bütschli.

Fig. 22. Eine Keimzelle der Spermatozoiden mit spindelförmig und streifig differencirtem Kern mit noch ungespaltener Kernplatte.

Fig. 23. Mit eben gespaltener Kernplatte.

Fig. 24 u. 25. Weitere Zustände der Theilung.

Namenregister.

Abietineen 31. 37. 38. 63. 92. 98. 105. 109. 125. 152. 185. 213. 225. 227. 235.
Achlya 102 Anm.
— polyandra 161.
— prolifera 101 Anm. 102.
— racemosa 101. 102. 160.
Acineten 202. 203. 223.
Acineta cucullus 202.
Aethalium septicum 61 Anm.
Algen 93. 111. 119. 153. 168. 170. 171. 181 Anm.
Allium 131. 132.
— narcisiflorum 129. 131. 132.
— victoriale 123. 125. 130.
Althaea rosea 123.
Amoeben 203. 204. 234.
Anaptychia 16.
— ciliaris (L.) Kbr. 14. 15.
Aneimia 115. 222.
— fraxinifolia 117. 118.
— villosa 117.
Angiopteris 131 Anm. 136 Anm.
Anneliden 190.
Anodonta 185 Anm.
Anthericum ramosum 131.
Anthoceros 123. 124. 142. 144. 149. 150. 153. 222. 223.
— laevis 122. 123. 125. 142. 143. 144. 153.
— punctatus 143.
Aphanomyces stellatus 162. 170.
Apis mellifica 197.
Archegoniaten 170.
Archispermen 168.
Ascariden 234. 235.
Ascaris nigrovenosa 178. 170. 171. 183 Anm. 191.
Ascidien 198 Anm. 209. 211. 229. 233.
Ascobolus furfuraceus 11.
Ascomyceten 12. 14. 225.
Ascus 11. 12.
Asphodelus albus 10.
Asplenium bulbiferum 116.
— furcatum 116.
— Petrarcae 123.

Balsamina 62 Anm.
Bartonia 120.
— aurea 119 Anm. 120.
Blatta germanica 184. 193.
Brachionus 184.
Bryopsis 204.
— plumosa 204. 224.
Bulbochaete 99. 168.

Calicieae 15.
Calycium trachelinum 16.
Cephalobus rigidus 192.
Ceratozamia longifolia 127.
Characeen 168. 171. 188.
Chironomus 197.
Chrysodium vulgare 116.

Cladophora 55 Anm. 56 Anm. 71. 85. 88. 90. 92. 97. 221.
— fasciculata 71. 85. 86.
— fracta 85. 91. 92.
— glomerata 71 Anm. 85. 86. 87 Anm. 88 Anm. 89 Anm.
Chlamidococcus pluvialis 181 Anm.
Coleochaete 169.
Coniferen 2. 5. 21. 22. 23. 24. 26. 32. 108. 109. 134. 135. 225. 229.
Conjugaten 82. 83. 85.
Corticium amorphum 165.
Craterospermum laetevirens A. Br. 151. 152.
Cucullanus 184.
— elegans 181. 182. 183. 184. 191. 193. 203.
Cucumis 133.
Cucurbita Pepo 122. 125.
Cucurbitaceen 125 Anm.
Cyatheaceen 118. 172.

Dacrymyces 166.
Dikotyledonen 10. 125. 126.
Diplogaster-Arten 192.
Discomyceten 11.

Ecbalium agreste 113.
Echinodermen 190.
Elaphomyces granulatus 13.
Encalypta vulgaris 139.
Ephedra 24. 26. 31. 32. 207. 225.
— altissima 1. 6. 24. 26. 31. 207.
— compylopoda 1.
Epilobium 134.
— augustifolium 134.
Equisetaceen 127.
Equisetum 121. 124. 125. 126. 127. 139.
— limosum 140.
— palustre 124. 125. 126.
Euaxes 182 Anm.

Farne 115. 116. 172. 222.
Farnkräuter 123.
Fichte (Picea vulgaris) 17. 19.
Fische 198.
Flechten 14.
Floriden 119.
Fritillaria 119 Anm.
Fucaceen 170. 190.
Funaria 124. 139 Anm. 144.
— hygrometrica 126. 139. 204.
Funkia ovata 126.

Gagea 119 Anm.
Gefäss-Kryptogamen 124. 170. 171. 172.
Geryonia 184. 185 Anm. 190. Anm.
Ginkgo biloba 5. 24. 31. 32. 108. 152. 153.
Gnetaceen 23. 24. 108.

Helianthus 108 Anm.
Heliconia farinosa 51.
Hemerocalis 125.
Hibiscus Trionum 113.
Hühnchen 184.
Hyacinthus orientalis 104.
Hydrodictyon utriculatum 72. 182. 229.
Hymenomgastreen 166.
Hymenomyceten 165.

Impatiens 62 Anm.
Infusorien 201. 202. 203. 223.
Insecten 197.
Iris 116. 125.
— pumila 104 115. 116.
Isoëtes 131 Anm. 150. 222. 223.
— Durieui Bory 186 Anm. 144. 145. 147. 149. 153.
— lacustris 145. 172.

Kalb 186.
Kryptogamen 121. 126. 127. 128. 168.

Laubmoose 114.
Lebermoose 162 Anm.
Lilium bulbiferum 127.
Linum 119 Anm.
Lymnaeus auricularis 191.
Lysimachia 108 Anm.

Magnolia (purpurea und Yulan) 134. 135.
Malvaceen (Althaea) 125.
Marchantia 62 Anm.

Marsilia 173.
— Drummondii 126.
— elata 173.
Martynia 119 Anm.
Monokotyledonen 10. 125. 126. 129. 132. 150.
Monotropa 119 Anm.
Moose 128.
Muscineen 168. 170. 171.
Myxomyceten 204 Anm.

Nematoden 181.
Niphobolus 115.
— lingua 115. 117. 118.
Notommata 184.

Oedogonium 98 Anm. 99. 100. 102. 157 Anm. 168. 170. 220. 224.
— diplandrum 170.
— gemelliparum Pringsh. 75. 76. 99. 100. 102.
— tumidulum Kg. 72. 73. 75. 76. 78. 79. 95. 96
Ophioglossen 127.

Passiflora 125.
— coerulea 124. 125.
— quadrangularis 121.
Pedicularis silvatica 120.
Pellia epiphylla 140.
Peronosporeen 171. 173.
Peziza confluens 12.
— convexula 13.
— pitya 12.
Pezizen 12. 153.
Phallusia 193. 194. 197. 234.
— mamillata 189. 190. 192.
Phanerogamen 1. 7. 10. 113 Anm. 124. 125. 128.
Phaseolus 10. 107. 207. 208. 218. 219. 228. 234.
— multiflorus 7. 10. 11. 106. 108. 110. 234.
Physcomitrium 124. 144.
— pyriforme 139.
Picea vulgaris 17. 19. 22. 23. 24. 26. 27. 29. 30. 32.
Pilze 161. 165. 221.
Pinus 29. 30. 31. 32. 122. 124. 125.
— silvestris 27 Anm. 108. 109.
Plantago lanceolata 120.
Podophrya gemmipara Hertwig 202.
Polygonum 108 Anm.
Polypodiaceen 127. 172.
Protamoeba primitiva 203. 238.
Protisten 201. 203. 222. 223. 238.
Psilotum 121. 124. 125. 149.
— triquetrum 135. 235.
Pyrenomyceten 12.

Räderthiere 184.
Rhabditis dolichura 182. 183 Anm. 191. 192.
Rhipidium 171.
Rivularien 167 Anm.

Saccharum officinarum 51.
Salvinia 173.
— natans 173.
Sambucus 108 Anm.
Saprolegniaceen 100. 101 Anm. 102 Anm. 110. 153. 158. 166. 168. 170. 171. 221. 224. 227.
Saprolegnia lactea (Leptomitus lacteus Ag.) 114. 119.
Saprolegnia ferax 101. 102. 160. 161. 162. 165. 170.
Schmetterlinge 184.
Schnecken 181. 184. 191.
Scytonemaceen 167 Anm.
Selaginella 172.
Silene 108 Anm.
Siphoneen 16. 221. 224.
Sphaeroplea annulina 164.
Sphaeropleae 15.
Spirogyra 29. 33. 34. 35. 37. 42. 55. Anm. 56 Anm. 65. 66. 67. 69. 70. 71. 73. 80. 82. 83. 84. 85. 86. 88. 89. 90. 91. 92. 97. 99. 100. 107. 111. 138. 138 Anm. 153. 211. 236.
Spirogyra alpina 49 Anm.
— Heerii 54 58 Anm.
— jugalis 50 Anm. 153.
— longata 33 Anm. 40 Anm. 50 Anm.
— nitida 69. 81.

Spirogyra orthospira 34. 40 Anm. 50. 51. 56 Anm. 65. 66. 69. 70. 73. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 88. 89. 90. 91. 92. 99. 107. 111. 219. 220. 221. 234.
— quinina 49.
— setiformis 54. 69. 70.
Strelitzia ovata Act. 51.
Stigeoclonium insigne 169.
Strongylus 183. Anm.
— auricularis 178. 179. 180. 183.
Süsswasseralgen 32.

Tradescantia 113. 121. 124.
— virginica 112. 113. 124.
Tremellineen 166.
Tremella violacea 166.
Triticum vulgare 109.
Tropaeolum 132.
— majus 131. 133.
— minus 131.
Tuber 13.

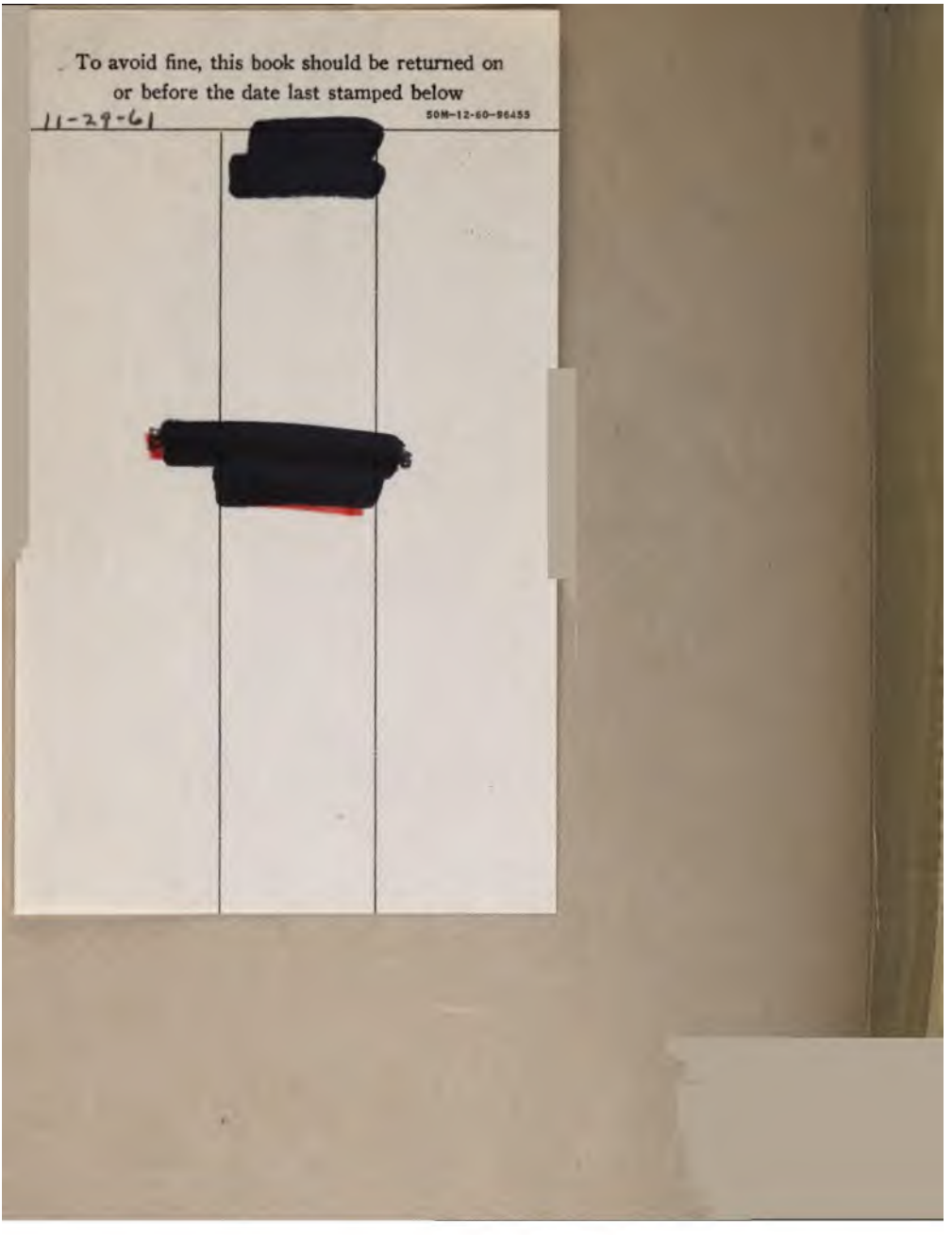
Ulothrix 55 Anm. 66. 68. 70. 80. 81. 92. 93. 95. 96. 154. 157. 180. 220.
— zonata 80. 92. 93. 95. 153.
Unke 186. 210. 212.

Valonia utricularis 16.
Vaucheria 102 Anm.
— gemminata 169.
— hamata 169.
— sessilis 168.
— tuberosa 169.
Veronica 120.
— Buxbaumii 120.
— hederaefolia 120.
— triphyllos 120.
Viscum album 123.

Zygnema 82. 83. 84. 224.

Weimar. — Hof-Buchdruckerei.

To avoid fine, this book should be returned on
or before the date last stamped below
11-29-61
50M-12-60-96455



581.8 .S897z
Ueber Zellbildung und Zelltheil
Stanford University Libraries
3 6105 031 187 375

STANFORD UNIVERSITY LIBRARIES
STANFORD AUXILIARY LIBRARY
STANFORD, CALIFORNIA 94305-6004
(650) 723-9201
salcirc@sulmail.stanford.edu
All books are subject to recall.
DATE DUE

JUN 30 2000
SEP 03 2002